
مقدمة في الصور الجوية
والمرئيات الفضائية
د. جمعة محمد داود
١٤٣٤ هـ / ٢٠١٣م

مقدمة في الصور الجوية
و المرئيات الفضائية

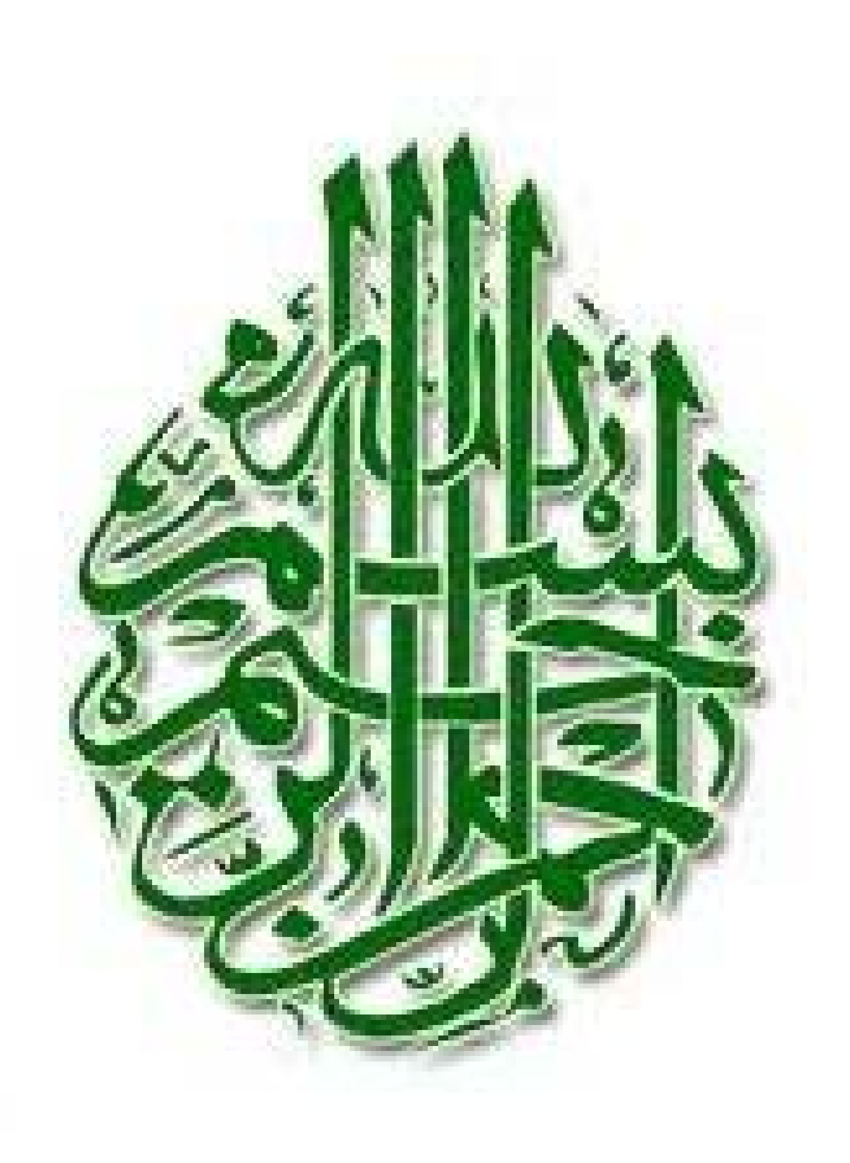
An Introduction to Aerial Photographs and Satellite Images

د. جمعة محمد داود

Gomaa M. Dawod

النسخة الأولي

١٤٣٤ هـ / ٢٠١٣م





اتفاقية الاستخدام

هذا الكتاب وقف لله تعالي و يخضع لجميع قواعد الوقف الإسلامي مما يعني أنه يجوز لكل مسلم و مسلمة إعادة توزيعه في صورته الالكترونية أو أعاده طبعه أو تصويره **بشرط** عدم التربح منه بأي صورة من الصور أو تغيير أي شئ من محتوياته ، أما بخلاف ذلك فلابد من الحصول علي موافقة مكتوبة من المؤلف.

للإشارة إلي هذا الكتاب - كمرجع – برجاء إتباع النموذج التالي:

باللغة العربية:
داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٣ ، مقدمة في الصور الجوية و المرئيات الفضائية ، مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية.

باللغة الانجليزية:
Dawod, Gomaa M., 2013, An Introduction to Aerial Photographs and Satellite Images (in Arabic), Holy Makkah, Saudi Arabia.

مقدمة النسخة الأولي

بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله العليم القدير الذي وهبني علما ووفقني في حياتي ، والصلاة والسلام علي معلم الأمم و خير البرية محمد بن عبد الله عليه الصلاة و السلام.

أدعو و أبتهل إلي مولاي و خالقي عز و جل أن يتقبل مني هذا العمل لوجهه الكريم فما أردت إلا إرضاؤه تعالي وتحقيقا لقول رسوله الكريم أن عمل ابن ادم ينقطع بعد موته إلا من ثلاث أحدهم: علم ينتفع به.

أردت أن أقدم عملا باللغة العربية عن **المبادئ والمفاهيم الأساسية لعلمي التصوير الجوي و التصوير الفضائي أو الاستشعار عن بعد** بما يناسب طلاب المستوي الأول بالمرحلة الجامعية، فهذا ليس مرجعا شاملا في هذين العلميين وإنما هو "مقدمة" فقط كما يشير عنوانه. والكتاب الحالي هو السابع - بفضل الله تعالي و توفيقه - من سلسلة كتبي الرقمية المخصصة لوجه الله تعالي وابتغاء مرضاته، وهي الموجودة في العديد من مواقع شبكة الانترنت.

أدعو كل قارئ و كل مستفيد من هذا الكتاب أن يدعو الله تبارك و تعالي أن يغفر لي و لوالدي ، وأيضا ألا يحرمني من رأيه و تعليقاته وتصويباته - فلا يوجد كتاب إلا و به نواقص و أخطاء - سواء عبر البريد الالكتروني أو عبر منتدى الهندسة المساحية في:

http://surveying.ahlamontada.com/

بسم الله الرحمن الرحيم ..... **وقل ربي زدني علما** .... صدق الله العظيم.

جمعة محمد داود
dawod_gomaa@yahoo.com

مكة المكرمة: شوال ١٤٣٤ هـ الموافق سبتمبر ٢٠١٣ م

إهداء

إلي روح والدي

رحمهما الله و غفر لهما و أسكنهما فسيح جناته

وأرجو كل قارئ كريم أن يتكرم بقراءة الفاتحة و الترحم عليهما والدعاء لهما

كتب أخري للمؤلف

١- المدخل إلي الخرائط الرقمية

٢- التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية

٣- مبادئ المساحة

٤- المدخل إلي النظام العالمي لتحديد المواقع

٥- أسس المساحة الجيوديسية و الجي بي أس

٦- المدخل الي الخرائط

وكل هذه الكتب المجانية (بالإضافة لمواد تدريبية و ملفات تعليمية أخري) متاحة للتحميل كاملة في عدد كبير من مواقع شبكة الانترنت و منهم:

صفحتي علي موقع جامعة أم القري في الرابط:

http://www.uqu.edu.sa/staff/ar/4260086

صفحتي علي موقع أكاديميا في الرابط:

http://nwrc-egypt.academia.edu/GomaaDawod

المحتويات

المحتويات

المحتويات

الفصل الأول
نبذة تاريخية

١-١ مقدمة

تعد الصور الجوية ابتكارا تقنيا غاية في الأهمية في تاريخ تقدم العلوم الجغرافية و الهندسية علي وجه الخصوص وعلوم أخري كثيرة. إن الصورة الجوية (الملتقطة بالة تصوير في الجو) تمثل كما هائلا من المعلومات الدقيقة عن الواقع الجغرافي و المعالم المكانية في المنطقة التي تظهر بها. ومن ثم فأن هذه الصورة يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات العملية مثل إنتاج الخرائط بطريقة اقتصادية رخيصة عند مقارنتها بطرق القياسات المساحية الميدانية باهظة التكاليف. ومنذ اختراع التصوير الجوي فطن علماء الخرائط و الجغرافيا و المساحة لأهميته الجمة ومميزاته المتعددة، وصار الآن أحد أهم وأدق و أسرع طرق الحصول علي المعلومات المكانية المستخدمة في الكثير من التخصصات و التطبيقات البيئية و الهندسية و التنموية علي المستوي العالمي.

٢-١ المراحل التاريخية للتصوير

بدأ الإنسان يفكر في ماهية الضوء منذ زمن بعيد جدا، وكان العالم الإغريقي أرسطو في القرن الثاني قبل الميلاد أول من بدأ البحث عن طبيعة الضوء وأول من أشار الي أن الضوء قد يمر من بعض الأجسام دون الأخرى. وفي القرن العاشر الميلادي (القرن الرابع الهجري) كان العالم الكبير الحسن بن الهيثم أول من أشار الي أن الضوء يأتي من الأجسام الي العين وليس العكس كما كان شائعا في نظريات أرسطو ومن سبقه، وأيضا كان أول من تعرض لتفسير وإجراء تجربة عملية لطريقة عمل آلة - تشبه فكرة آلة التصوير- عن طريق مرور الضوء من ثقب صغير الي حجرة مظلمة حيث تتكون صورة كل ما هو موجود علي الجانب الآخر. وفي عام ١٦٦٦ (١٠٧٦ هـ تقريبا) كان اسحق نيوتن أول من أشار الي أن الضوء الأبيض - كما نراه - يمكن تحليله (من خلال المرور في منشور زجاجي) الي سبعة مكونات فرعية أو ألوان.

بدأ التصوير الضوئي في عام ١٨٣٩ (١٢٥٤ هـ) عندما قام كلا من نييس تالبوت و لويس داجور بأول عملية تصوير ضوئي أو تصوير فوتوغرافي حيث تم إسقاط الضوء علي صفائح معدنية مغطاة بمادة أيوديد الفضة كمادة حساسة للضوء.

أما أهم المراحل التاريخية في التصوير الجوي فقد بدأها الضابط الفرنسي ايمي لوسيه عندما بدأ في تثبيت آلة التصوير (الكاميرا) في بالون أو طائرة ورقية ترتفع عن سطح الأرض لتكون الصور الملتقطة لأول مرة من الجو وليس من علي سطح الأرض. وفي عام ١٨٥٩ (١٢٧٥ هـ) قام لوسيه بالتقاط عدد من الصور الجوية بكاميرا موضوعة في بالون ومن هذه الصور تمكن من عمل خريطة لمدينة باريس العاصمة الفرنسية، ولذلك يطلق علي هذا العالم اسم رائد علم التصوير الجوي والمساحة التصويرية.



شكل (١-١) صورة جوية لمدينة بوسطن الأمريكية في عام ١٨٦٠ (١٢٧٦هـ)

تم اختراع الطائرة في عام ١٩٠٢ (١٣١٩ هـ) علي يد الأخوين أورفيل و ويلبر رايت، مما دفع بعلم التصوير الجوي خطوات تقنية واسعة جدا باستبدال البالون و المنطاد بالطائرة لتوضع الكاميرا داخلها ويتم التقاط الصور الجوية من خلالها. والتقطت أول صورة جوية من الطائرة في عام ١٩٠٩ (١٣٢٦ هـ) لمنطقة في ايطاليا. ومع قيام الحرب العالمية الأولي ١٩١٤-١٩١٩ (١٣٣٢-١٣٣٧ هـ) تم الاعتماد علي التصوير الجوي كأحد وسائل الاستطلاع و الاستخبارات العسكرية خلف خطوط العدو، مما زاد من أهمية هذا العلم في التطبيقات العسكرية بصورة كبيرة. ودفعت أعمال الحرب العالمية الثانية (١٩٤١-١٩٥٥ الموافق ١٣٥٩-١٣٦٤ هـ) الي زيادة الاعتماد علي علوم التصوير الجوي والمساحة الجوية بهدف إنتاج الخرائط، مما ساعد علي تطور هذه العلوم و أجهزتها و معداتها من كاميرات و أفلام بصورة متسارعة. ومن هنا بدأ ظهور شركات تجارية متخصصة في أفرع التصوير الجوي و تطبيقاته، مثل شركة كوداك للكاميرات و الأفلام والتي تأسست في عام ١٩٤٢ (١٣٦٠ هـ).



شكل (١-٢) نموذج لأول طائرة في التاريخ



شكل (١-٣) التصوير الجوي

تقدم التصوير الجوي تقدما كبيرا مع اختراع الحاسبات الآلية في الخمسينات من القرن العشرين الميلادي، حيث تطورت بسرعة كبيرة أجهزة و معدات التصوير وتخزين و حفظ الصور الجوية الكترونيا و كذلك طرق إنتاج الخرائط المعتمدة علي الصور الجوية. ومنذ ذلك الوقت ظهر فرع المساحة التصويرية الرقمية كأحد فروع علم التصوير الجوي و إنتاج الخرائط اعتمادا علي الحاسبات الآلية.



شكل (١-٤) المساحة التصويرية الرقمية

ظهر أيضا أحد تطبيقات الصور عالية الدقة واستخداماتها الهندسية وأطلق عليه اسم المسح التصويري الأرضي، حيث توضع الكاميرا الدقيقة علي حامل ثلاثي علي الأرض لالتقاط صور للمعالم الجغرافية (خاصة المباني و المنشئات الهندسية) واستخدام هذه الصور بعد معالجتها في القياسات الهندسية لهذه المعالم.



شكل (١-٥) المسح التصويري الأرضي

مع بزوغ عصر الأقمار الصناعية في عام ١٩٦٠ (١٣٧٩ هـ) بإطلاق القمر الصناعي تيروس-١ المخصص لدراسة المناخ، بدأ التفكير في إحلال الأقمار الصناعية بدلا من الطائرات في علوم التصوير الجوي. وفي عام ١٩٧٢ (١٣٩١ هـ) تم إطلاق القمر الصناعي لاندسات-١ وهو أول قمر صناعي مخصص للتصوير من الفضاء، ليبدأ عصر جديد في تطبيقات الصور الجوية وأطلق علي هذه التقنية الجديدة اسم تقنية الاستشعار عن بعد وأطلق علي تلك الصور الملتقطة من الأقمار الصناعية اسم المرئيات الفضائية للتمييز بينها و بين الصور الجوية الملتقطة من الطائرات.



شكل (١-٦) التصوير الفضائي

١-٣ مميزات الصور الجوية

للصور الجوية العديد من المميزات و الخصائص التي تجعلها أداة تقنية مستخدمة في العديد من المجالات الهندسية و الجغرافية و البيئية و العسكرية، ومنها:

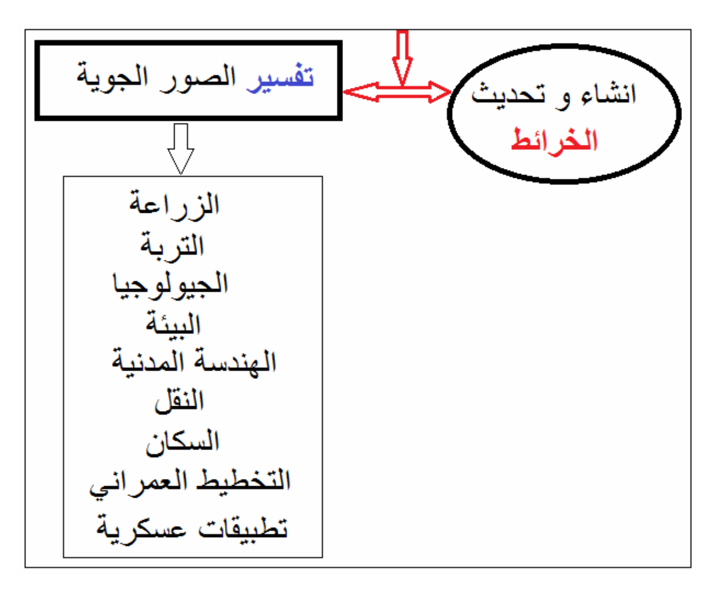
- تتميز الصورة الجوية بالدقة بصفة عامة مما يسمح بإجراء القياسات الدقيقة (مثل المسافات و المساحات) بدقة مناسبة.
- تغطي الصورة الجوية مساحة كبيرة من سطح الأرض مما يجعل من السهل والأرخص اقتصاديا رسم خريطة للمظاهر الجغرافية الموجودة.
- إنتاج الخرائط من الصور الجوية يستغرق وقتا أقل و بالتالي فهو أرخص تكلفة من استخدام القياسات المساحية الميدانية.
- توفر بعض أنواع من الصور الجوية صورة مجسمة ثلاثية الأبعاد للمعالم المكانية مما يسهل من التعرف علي طبيعة المظاهر بسرعة، وأيضا يوفر إمكانية رسم الخرائط الطبوغرافية التي تمثل تضاريس سطح الأرض.
- للصور الجوية الملتقطة في تواريخ متعددة ميزة أنها يمكننا من متابعة التغيرات الزمنية في المظاهر الجغرافية (مثل متابعة حركة الكثبان الرملية).
- توضح الصور الجوية معالم وخصائص لا يمكن للعين البشرية رؤيتها، خاصة عند التصوير بالأشعة تحت الحمراء (مثل التفرقة بين النبات السليم و النبات المريض في منطقة زراعية).
- الصورة الجوية لها مقياس رسم محدد مما يجعلها تبرز بدقة العلاقات المكانية بين الظواهر الجغرافية.
- الصور الجوية لا ترتبط بالواقع السياسي بين الدول حيث يمكن الحصول علي صور (شديدة الميل مثلا) لمنطقة حدودية بين دولتين.
- يمكن لبعض أنواع من الصور الجوية أن تبرز المعالم الموجودة تحت سطح الأرض علي أعماق بسيطة، مثل المياه الجوفية.
- تستطيع الصور الجوية إبراز المعالم المكانية في المناطق النائية التي لا يمكن للإنسان الوصول إليها بسهولة من سطح الأرض (مثل منطقة الربع الخالي في المملكة العربية السعودية).

١-٤ تطبيقات الصور الجوية

يعد إنتاج و تحديث الخرائط أهم تطبيقات التصوير الجوي في المجالين الجغرافي و الهندسي لما تتميز به الصور من خصائص الدقة و الشمولية ورخص التكلفة. وأصبح التصوير الجوي أهم تقنيات إنتاج و تحديث الخرائط التفصيلية و الطبوغرافية في الكثير من دول العالم ومنها المملكة العربية السعودية.

أيضا يعد الاستفادة من الصور الجوية في تفسير المعالم الجغرافية و استنباط معلومات دقيقة و حديثة عنها من أهم تطبيقات الصور الجوية في عدد كبير من الأعمال و المشروعات التطبيقية و التنموية مثل:

- الزراعة: حصر مساحات مناطق المحاصيل المختلفة، تحديد النبات المريض أثناء فترة نموه، و عمليات مقاومة آفات النباتات في الوقت المناسب.
- التربة: تصنيف أنواع التربة و عمل الخرائط التي تبين أنواع التربة.
- البيئة: مراقبة التلوث البيئي، متابعة و مراقبة آثار انتشار الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات.
- الجيولوجيا: تصنيف أنواع التراكيب الجيولوجية لسطح الأرض وعمل الخرائط الجيولوجية.
- الهندسة المدنية: تخطيط المشروعات الهندسية واختيار أنسب المواقع الجغرافية و تطوير خرائط استخدامات الأراضي.
- التخطيط العمراني: إعداد المخططات، تخطيط و متابعة تنفيذ مشروعات التوسع العمراني، تطوير خرائط استخدامات الأراضي.
- النقل: تخطيط المشروعات الجديدة لشبكات الطرق و الجسور و الأنفاق و السكك الحديدية.
- السكان: أعمال الحصر في تعدادات السكان و المساكن والتعدادات الزراعية و الصناعية.
- المرور: مراقبة و حل الاختناقات المرورية.
- التطبيقات العسكرية: الاستخبارات العسكرية خاصة علي الحدود بين الدول.



شكل (١-٧) تطبيقات الصور الجوية

١-٥ التصوير والتصوير الجوي و التصوير الفضائي

يقدم الجدول التالي وبصورة مبسطة الفروق العامة بين مصطلحات التصوير و التصوير الجوي و التصوير الفضائي حتى تتضح الصورة العامة بينهم وبدون أية تفاصيل (أنظر الفصول القادمة):

البند	التصوير	التصوير الجوي	التصوير الفضائي
موضع الكاميرا	علي سطح الأرض	في الطائرة	في القمر الصناعي
مساحة المنطقة المصورة	مساحة بسيطة (مئات الأمتار المربعة)	مساحة متوسطة (عدة كيلومترات مربعة)	مساحة كبيرة (عشرات الكيلومترات المربعة)
نوع الكاميرا	كاميرا بسيطة	كاميرا دقيقة	كاميرا أو أجهزة عالية الدقة
نوع التصوير	تصوير ضوئي مرئي	تصوير ضوئي مرئي و غير مرئي	استقبال و تسجيل الأشعة
نوع مادة التسجيل	أفلام عادية	أفلام متخصصة	تسجيل رقمي

الفصل الثاني

آلات و معدات التصوير الجوي

٢-١ مقدمة

تتنوع الآلات و المعدات المستخدمة في التصوير الجوي بصورة كبيرة بتعدد الشركات المصنعة والتقنيات المستخدمة فيها. بصفة عامة يمكن تقسيم آلات التصوير الجوي (الكاميرات) الي قسمين رئيسين: (١) الكاميرا العادية أو التقليدية التي تستخدم الأفلام كوسيلة لتخزين وحفظ الصور الملتقطة، (٢) الكاميرا الرقمية التي تحفظ الصور بطريقة الكترونية علي أقراص ثابتة أو وسائل أخري للتخزين الرقمي. ومع أن النوع الثاني هو الأكثر تقدما والأعلى من حيث المواصفات التقنية، إلا أن الكاميرات التقليدية مازالت مستخدمة في أعمال التصوير الجوي وهي ما سنتعرض لها بالتفصيل في هذا الفصل.



(أ) كاميرا عادية



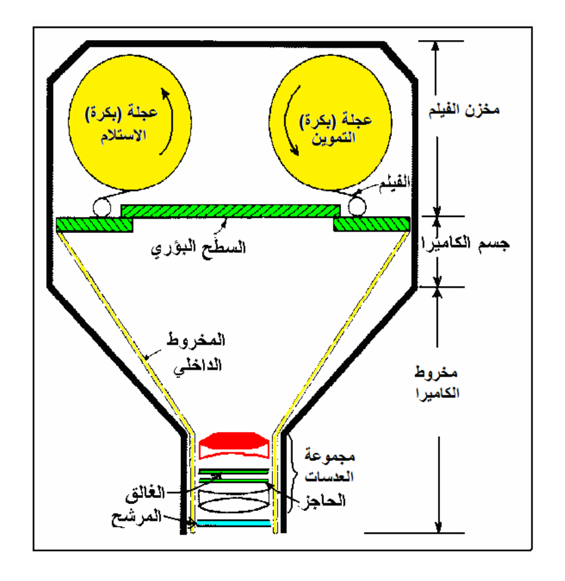
(ب) كاميرا رقمية

شكل (٢-١) كاميرات التصوير الجوي

٢-٢ كاميرا التصوير الجوي

تتنوع كاميرات التصوير الجوي التقليدية تنوعا كبيرا، وبصفة عامة توجد (١) كاميرات تستخدم عدسة واحدة، (٢) كاميرات متعددة العدسات، أي تستطيع التقاط أكثر من صورة في نفس الوقت، (٣) كاميرات التصوير البانورامية أو الكاميرات شاملة الرؤية التي تستخدم في تصوير صور بانورامية تغطي الأفق، (٤) كاميرات التصوير الشريطية وهي التي تبقي عملية التصوير مستمرة من بداية الفيلم الي نهايته.

وتعد كاميرا التصوير الجوي ذات العدسة الواحدة هي الأكثر استخداما، وتشمل مكوناتها الرئيسية أربعة أجزاء وهي مجموعة العدسات و ملحقاتها و جسم الكاميرا و مخروط الكاميرا و مخزن الفيلم.



شكل (٢-٢) مكونات كاميرا التصوير الجوي

مجموعة العدسات و ملحقاتها

تصنع العدسات المستخدمة في التصوير الجوي من زجاج عالي النقاء (أو مواد أخري شبيهه) بحيث تخلو العدسة من العيوب. وتتكون عدسة كاميرا التصوير الجوي إما من عدسة بسيطة (عدسة واحدة) أو عدسة مركبة (مجموعة من العدسات). ومع العدسة توجد مجموعة من الملحقات الأخرى و تشمل:

- الغالق (أو مصراع الكاميرا): جهاز يتحكم في الفترة الزمنية للسماح بمرور الضوء من العدسة (تتراوح هذه الفترة من ٠.٠١ الي ٠.٠٠١ من الثانية)، اي أن الغالق يتحكم في درجة سطوع الصورة وهو من أهم عوامل الصور الجوية.
- الحاجب (أو الحجاب الحاجز): جهاز ينظم كمية الضوء الذي يمر من العدسة الي الفيلم. وكمية الضوء الداخلة للفيلم هي حاصل ضرب مساحة فتحة الحاجب في زمن فتح العدسة، وهي كمية ثابتة طبقا لحساسية الفيلم المستخدم في التصوير.
- مرشح اللون: جهاز لجعل توزيع الضوء متساوي في كافة أنحاء الصورة مما يعطي تباين واضح للمعالم الأرضية المصورة. أيضا فمرشحات الألوان هي المتحكمة في انتقاء الطيف المراد استخلاص البيانات منه. كما توظف المرشحات أيضا في حماية سطح العدسة من الرهج (الجزئيات الطائرة من الأتربة) والتي من الممكن أن تقلل من كفاءة العدسة أو تصيبها بالضرر.

<u>مخزن الفيلم</u>

يحتوي بكرتين لشريط الفيلم الحساس الأولي (عجلة الاستلام) تحتوي الفيلم قبل التصوير بينما الثانية (عجلة التموين) تحتوي الفيلم بعد التصوير.

<u>مخروط الكاميرا</u>

يهدف مخروط الكاميرا الي ربط أجزاء مجموعة العدسات و ملحقاتها معا كما أنه يحمل العدسة علي مسافة معينة ثابتة من اللوح السالب (الفيلم) ولذلك فهو غالبا يصنع من معدن ذو معامل تمدد حراري صغير، بالإضافة الي أنه يمنع الضوء عن الفيلم نفسه.

<u>جسم الكاميرا</u>

يشمل الإطار الخارجي للكاميرا بالإضافة الي الموتور و باقي الأجهزة الكهربائية و الميكانيكية اللازمة لإدارة الكاميرا.

٢-٣ أجهزة مساعدة مع كاميرا التصوير الجوي

بالإضافة لكاميرا التصوير الجوي ذاتها توجد عدة أجهزة أخري تحتاجها عملية التصوير الجوي وتشمل:

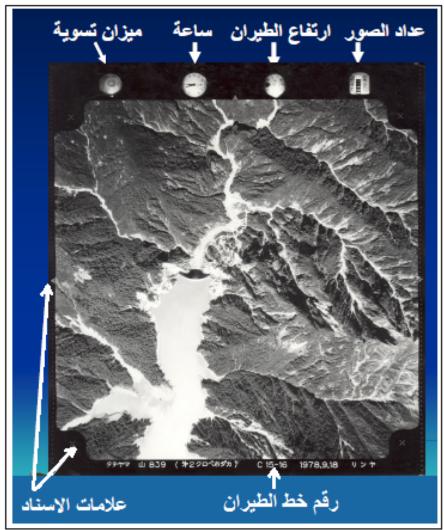
- جهاز تثبيت الكاميرا في موضعها الصحيح بغض النظر عن انحراف الطائرة أو ميلها أثناء التصوير.
- جهاز قياس ارتفاع الطيران.
- جهاز تحديد الفترة الزمنية بين كل صورتين متتاليتين.
- جهاز التحكم الضوئي الذي يتحكم في زمن فتح العدسة طبقا لشدة إضاءة المنطقة الأرضية المصورة.
- جهاز فرد أو شد الفيلم والذي يجعل الفيلم مستويا تماما أثناء التصوير عن طريق تفريغ الهواء بين الفيلم و العدسة.

٢-٤ خصائص كاميرات التصوير الجوي

تستخدم الصور الجوية بصفة أساسية في إنتاج و تحديث الخرائط وذلك عن طريق عمل القياسات الدقيقة من الصورة لتحويلها الي خريطة. ويتطلب ذلك الهدف الرئيسي عدة مواصفات أو خصائص للكاميرات والأجهزة المستخدمة في التصوير الجوي للصول الي مستوي الدقة المنشود لإتمام عملية إنتاج الخرائط. ومن هذه الخصائص:

- أن تكون عدسات كاميرا التصوير الجوي علي درجة عالية من النقاء و خالية من التشوه حتى تكون الصور الجوية عالية الوضوح في إبراز المعالم الأرضية.
- أن تكون الكاميرا علي درجة تقنية عالية في مواصفاتها لتعطي قدرة عالية علي إظهار تفاصيل المعالم الأرضية.
- أن تتمتع الكاميرا و أجهزتها بالتحكم الدقيق في كمية الضوء المارة بالعدسة الي الفيلم حتى تنتج صور عالية الوضوح و الدقة.
- أن يكون الفيلم داخل الكاميرا علي استواء كامل أثناء عملية التقاط الصور لتفادي المناطق غير الواضحة التي قد تظهر علي الصورة.
- بصفة عامة يجب أن تتمتع كاميرا التصوير الجوي بكفاءة عالية في تشغيل مكوناتها و أجهزتها لالتقاط الصورة في زمن قليل حتى لا تتأثر جودة الصور بحركة الطائرة و اهتزازها.
- أن تقوم الكاميرا بتسجيل المعلومات الأساسية اللازمة لعملية التصوير والتي تشمل تسجيل كلا من:
    - رقم الصورة
    - رقم خط الطيران
    - تاريخ التصوير
    - وقت التصوير
    - ارتفاع الطيران
    - درجة الميل
    - رقم الكاميرا
    - البعد البؤري للكاميرا
    - علامات الإسناد (علامات إطار الصورة)





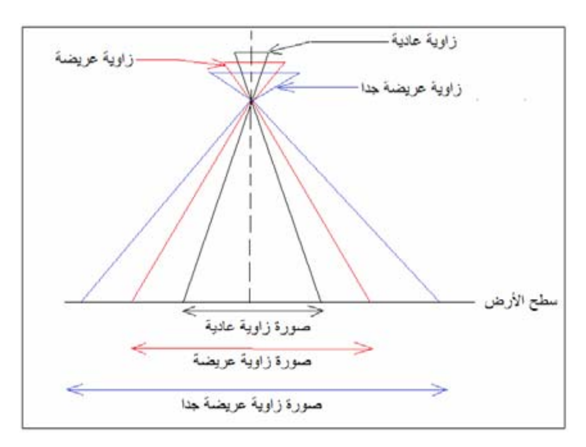
شكل (٢-٣) نماذج للمعلومات المسجلة علي الصورة الجوية

٢-٥ أنواع الصور الجوية

تصنف الصور الجوية الي عدة أنواع أو مجموعات طبقا لطرق تقسيم مختلفة ومنها التصنيف طبقا لاتساع زاوية التصوير و التصنيف طبقا لارتفاع الطيران و التصنيف طبقا لأبعاد الصورة والتصنيف طبقا لمقياس رسم الصورة والتصنيف طبقا لشكل الصورة وإمكانية تجسيمها والتصنيف طبقا لدرجة الميل وهذا الأخير هو أهم التصنيفات.

طبقا لاتساع زاوية عدسة التصوير فتوجد صور ذات زاوية عادية، و صور ذات زاوية ضيقة، و صور ذات زاوية عريضة، و صور ذات زاوية عريضة جدا. وتستخدم الصور عريضة الزاوية لتصوير المناطق المتسعة و الصحاري ورسم الخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة، بينما تكون الصور ذات الزاوية العادية لتصوير المدن بحيث ينتج عنها خرائط ذات مقياس رسم كبير الي متوسط. وتجدر الإشارة الي أن العلاقة طردية بين زاوية عدسة التصوير و مساحة المنطقة الأرضية المصورة كما يتضح في الشكل و الجدول التاليين.

أقصي زاوية حقلية (درجة)	مساحة المنطقة (كيلومتر مربع)
١٢٥	٧.٣٢
٩٣	٢.٧٧
٧٥	١.٢٠
٥٦	٠.٥٧
٣٠	٠.١٤



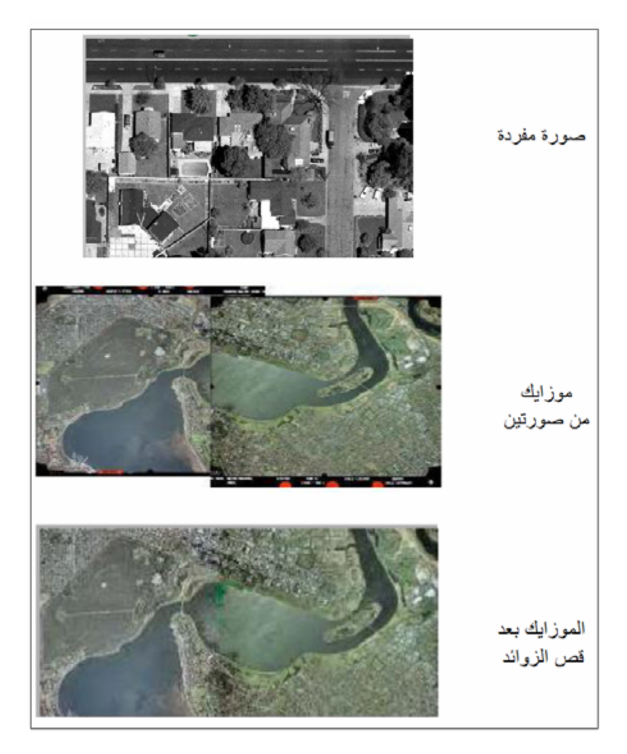
شكل (٢-٤) أنواع الصورة الجوية طبقا لاتساع زاوية التصوير

تصنف الصور الجوية طبقا لارتفاع الطيران الي ثلاثة أنواع: الصور الملتقطة من ارتفاع عال و الصور الملتقطة من ارتفاع متوسط و الصور الملتقطة من ارتفاع منخفض. وبالطبع فأنه كلما زاد ارتفاع الطيران زادت مساحة المنطقة الأرضية الظاهرة علي الصورة. أما تصنيف الصور الجوية طبقا لأبعادها فأن الصور أما أن تكون ذات أبعاد ٢٣×٢٣ سنتيمتر أو ذات أبعاد ١٨×١٨ سنتيمتر، وهناك نوع غير شائع وهو ذو أبعاد ١٨×٢٣ سنتيمتر.

أما أنواع الصور الجوية طبقا لمقياس رسمها فيشمل الصور ذات مقاييس الرسم الصغيرة (١ : ٥٠،٠٠٠ و أصغر) والصور ذات مقاييس الرسم المتوسطة (١ : ٢٥،٠٠٠) والصور ذات مقاييس الرسم الكبيرة (١ : ١٠،٠٠٠ و أكبر). وكلما صغر مقياس رسم الصورة الجوية كلما زادت حجم تغطية الصورة من سطح الأرض، لكن كلما قلت قدرة تمييز المعالم المكانية علي الصور الجوية كما يتضح من الجدول التالي.

مقياس الرسم	حجم التغطية (كيلومتر مربع)	قدرة التمييز المكانية (سنتيمتر)
١ : ٣٠٠٠	٠.٥	٨
١ : ٨٠٠٠	٣.٥	١٥
١ : ١١٠٠٠	٦.٢	٢٠
١ : ٢٢٠٠٠	٢٤.٥	٦٠
١ : ٥٥٠٠٠	١٥٦	١٥٠

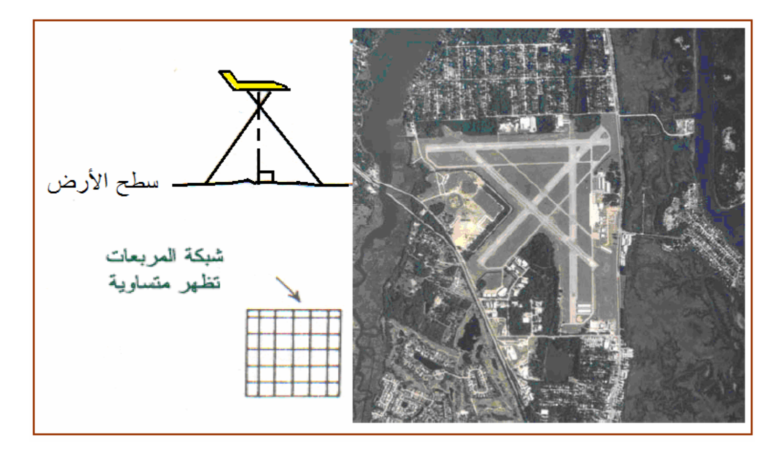
من حيث شكل الصور الجوية وإمكانيات تجسيمها (الحصول علي صورة مجسمة ثلاثية الأبعاد للمعالم الأرضية) فتوجد صور غير مجسمة و صور مجسمة. الصور الجوية غير المجسمة هي صورة ثنائية الأبعاد وتنقسم الي صورة مفردة أو موزايك. الموزايك هو ضم أكثر من صورة جوية معا للحصول علي صورة تغطي منطقة أرضية أكبر. فعلي سبيل المثال إذا أردنا دراسة التوسع العمراني لمدينة معينة وكانت هذه المدينة تظهر في أكثر من صورة جوية فأننا نقوم بضم هذه الصور معا لنحصل علي صورة واحدة مجمعة (موزايك أو فسيفساء) للمدينة كلها. أما النوع الثاني من الصور الجوية فهي تلك الصور التي تسمح - بأجهزة وخطوات معينة - بالحصول علي رؤية مجسمة للمعالم الأرضية علي الصورة، وتسمي هذه الصور بأزواج الصور أو الصور المزدوجة (أنظر موضوع التداخل و الإبصار المجسم).



شكل (٢-٥) أنواع الصورة الجوية طبقا لشكلها

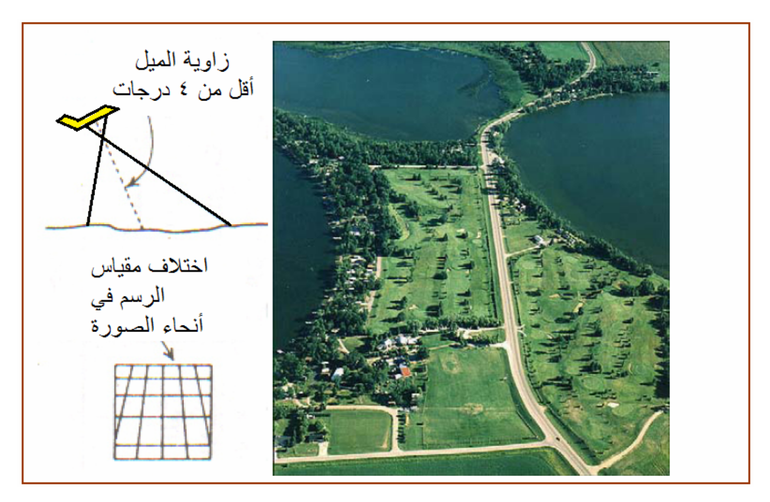
يعد تقسيم الصور طبقا لزاوية الميل هو أهم أنواع تصنيفات الصور الجوية من حيث طبيعة استخدام كل نوع من هذه الأنواع. تنقسم الصور الجوية في هذا التقسيم الي ثلاثة أنواع: الصور الرأسية والصور قليلة الميل (أو الصور المائلة) والصور شديدة الميل (أو الصور الميالة).

الصورة الجوية الرأسية هي تلك الصورة الملتقطة ومحور الكاميرا في وضع رأسي مع سطح الأرض (أي محور الكاميرا عمودي تماما علي سطح الأرض). وتعد هذه الصور هي الأدق و الأنسب في إنتاج الخرائط حيث تكون الخصائص الهندسية للصورة متساوية، فإذا تخيلنا مجموعة من المربعات المتساوية علي سطح الأرض فأنها ستظهر مربعات متساوية علي الصورة الرأسية أيضا. كما أن مساحة المنطقة المصورة ستكون بسيطة في هذا النوع من الصور الجوية. لكن وعلي الجانب الآخر فأن الحصول علي صور جوية رأسية يعد أمرا صعب التحقيق بسبب ظروف التصوير و حركة الطائرة حيث لا يمكن التحكم في وضع الطائرة ووضع الكاميرا تماما أثناء الطيران.



شكل (٢-٦) الصورة الجوية الرأسية

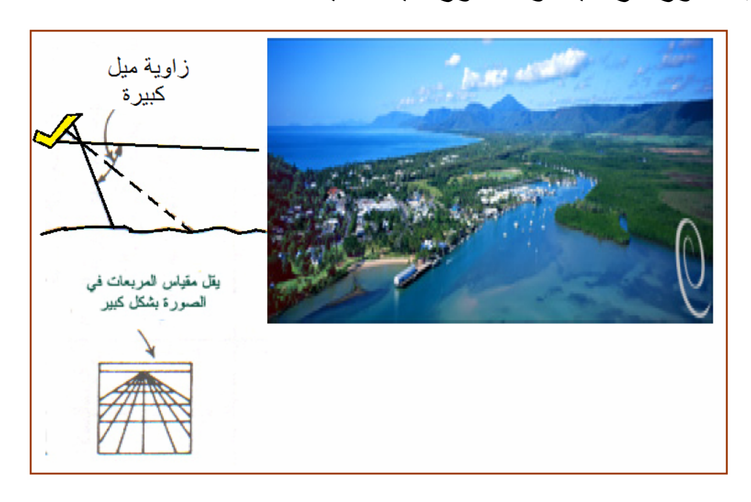
الصورة الجوية قليلة الميل هي تلك الصورة الملتقطة بحيث يميل محور الكاميرا ميلا بسيطا - لا يتجاوز ٤ درجات - عن الوضع الرأسي. وفي هذه الصورة سيختلف شكل المعالم الأرضية عن شكلها الحقيقي، حيث لن تكون شبكة المربعات - التخيلية - المتساوية علي سطح الأرض ظاهرة متساوية علي الصورة وإنما ستختلف مساحة المربعات من مكان لآخر علي الصورة. لكن يمكن استخدام طرق علمية و أجهزة تقنية معينة لتحويل الصور الجوية قليلة الميل الي صور رأسية، ومن ثم استخدامها في إنتاج الخرائط.



شكل (٢-٧) الصورة الجوية قليلة الميل

الصور الجوية شديدة الميل هي تلك الصور الملتقطة ومحور الكاميرا يميل بدرجة كبيرة عن الوضع الرأسي، بحيث يظهر الأفق في الصورة. وفي هذه الصور سيختلف شكل المعالم الأرضية اختلافا كبيرا من جانب لآخر علي الصورة. وهذا النوع من الصور الجوية لا يمكن استخدامه في إنتاج الخرائط لكنه مفيد جدا في تطبيقات تفسير الصور الجوية للحصول

علي معلومات عن الظواهر الجغرافية وخاصة و أن الصورة شديدة الميل تظهر منطقة جغرافية كبيرة بالمقارنة بالصور الرأسية أو الصور قليلة الميل.



شكل (٢-٨) الصورة الجوية شديدة الميل

يقدم الجدول التالي أمثلة لمواصفات بعض أنواع الكاميرات المستخدمة في التصوير الجوي:

الكاميرا	نوع العدسة	زاوية التغطية	البعد البؤري (مللي)	طول بكرة الفيلم (متر)	سرعة الغالق	أبعاد الصورة (سم)
Wild RC 5	عادية	٦٠°	٢١٠	٦٠	١/١٠٠	١٨×١٨
	عريضة	٩٠°	١١٥	٦٠	١/٢٠٠	١٨×١٨
Wild RC8	عريضة	٩٠°	١١٥	٦٠	١/٣٠٠	١٨×١٨
Wild RC9	عريضة	٩٠°	١١٥	٦٠	متواصل	٢٣×٢٣
Ziess RMKA	عريضة	٩٣°	١٥٣	١٢٠	متواصل	٢٣×٢٣

٢-٦ الفروق بين الصورة الجوية و الخريطة

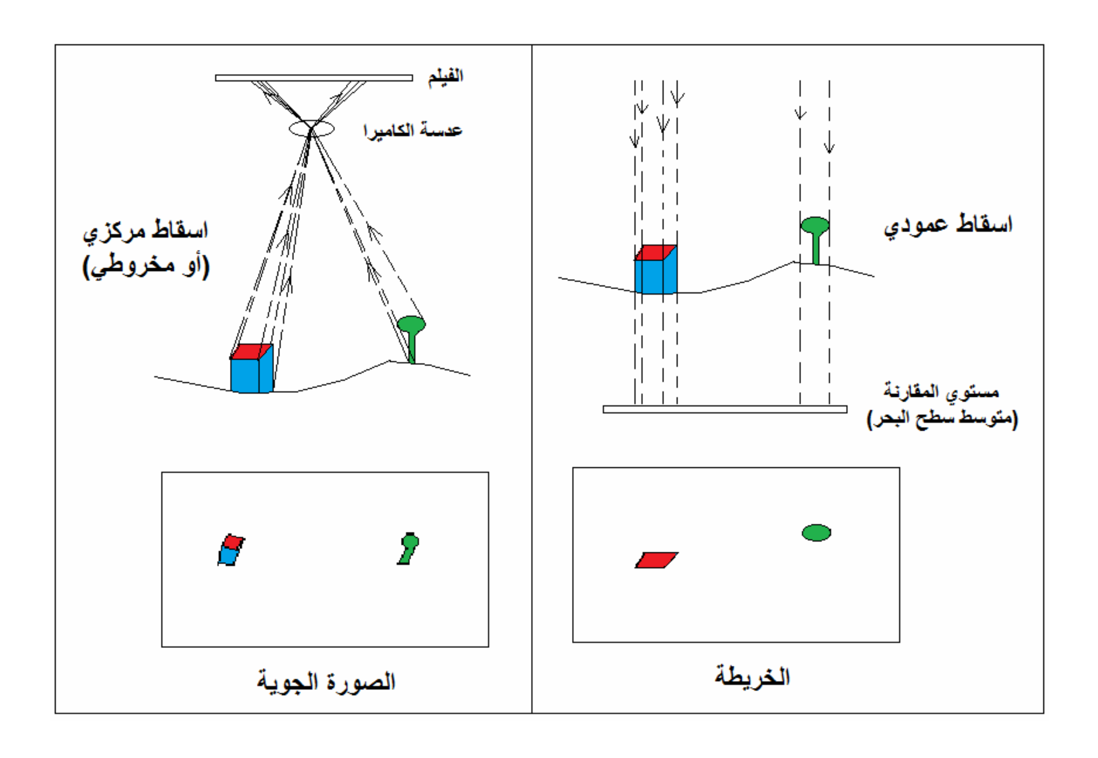
أكثر استخدامات الصور الجوية في المجالين الجغرافي و الهندسي هو إنتاج و تحديث الخرائط، ومن ثم فيجب فهم طبيعة وخصائص كلا من الخريطة و الصور الجوية والفروقات بينهما مما سيعطي صورة واضحة - وان كانت مبدئية في هذا الفصل - عن كيفية التعامل مع الصور الجوية وإمكانية إنتاج الخرائط منها.

يتمثل أهم الفروق بين الصورة و الخريطة في طبيعة الإسقاط المستخدم في تمثيل المعالم المكانية. فالخريطة يتم رسمها بناءا علي المسقط الأفقي للأشعة المتوازية التي تسقط عمودية علي سطح الأرض. فعلي سبيل المثال فلو تخيلنا مبني علي سطح الأرض (كلية مثلا) فسيظهر علي الخريطة في مسقطه الأفقي (طوله و عرضه فقط) ولن يظهر ارتفاع المبني أو عدد أدواره، أو بمعني آخر فأن قمة المبني و قاع المبني سينطبقان علي الخريطة. وعلي الجانب الآخر فأن الصورة الجوية ملتقطة من مركز عدسة الكاميرا (أي أن كل الأشعة تمر بنقطة مركز العدسة ثم تسقط علي الفيلم بداخل الكاميرا) وبالتالي فأن طبيعة الإسقاط هنا هي المسقط المركزي أو المسقط المخروطي. فلو تخيلنا نفس المثال السابق (مبني كلية) فمن الممكن أن تظهر التفاصيل الجانبية للمبني في الصورة المائلة ويمكننا تمييز ارتفاع المبني ذاته. أي أن الصورة الجوية من الممكن أن توضح قمة و قاع المعلم المكاني، وبالتالي ستكون مختلفة عن تمثيل نفس المعلم علي الخريطة بسبب طبيعة الإسقاط. بناءا علي ذلك فيمكننا القول أننا لا نستطيع رسم خريطة مباشرة من الصورة الجوية، ويجب أولا أن نزيل تأثير المسقط المركزي للصورة حتى يصبح من نوع المسقط الأفقي مثل الخريطة (وهو ما نسميه الصورة العمودية كما سيتم شرحها لاحقا).

يتمثل ثاني الفروق الهامة بين الخريطة و الصورة الجوية في تأثير ارتفاعات وتضاريس المعالم المكانية. في الخريطة يتم إسقاط جميع المظاهر الجغرافية علي مستوي المقارنة المتمثل في متوسط سطح البحر، وحيث أن الأشعة الساقطة علي هذا المستوي تكون عمودية فلن يحدث تأثير لفروق الارتفاعات بين المعالم الجغرافية علي شكلها و موقعها الصحيح علي الخريطة. في الصورة الجوية - وكما سبق الذكر - فأن مقياس رسم الصور يتغير من مكان لآخر علي نفس الصورة بسبب قرب أو بعد المعلم المكاني من مركز عدسة كاميرا التصوير الجوي، فكلما زاد منسوب المعلم كلما زاد مقياس الرسم علي الصورة وكلما كان المعلم منخفضا كلما قل مقياس رسمه علي الصورة. و بمعني آخر فأن ارتفاعات المظاهر

الجغرافية عن سطح المقارنة (المناسيب) تؤثر علي موضع المعلم علي الصورة الجوية ذاتها. وبناءا علي ذلك فيمكننا القول مرة أخري أننا لا نستطيع رسم خريطة مباشرة من الصورة الجوية، ويجب أولا أن نزيل تأثير اختلاف مناسيب المعالم الجغرافية (وهو ما نسميه تأثير الإزاحة كما سيتم شرحها لاحقا) قبل أن نستخدم الصورة الجوية في رسم الخريطة.

أيضا يوجد فرق ثالث مهم بين الخريطة و الصورة الجوية حيث يتم رسم الخريطة باستخدام الرموز وتحتوي الخريطة علي أسماء المعالم الجغرافية (مثل الشوارع و الأحياء) واتجاه الشمال و شبكة الإحداثيات، بينما الصورة الجوية تمثل الواقع كما هو وبدون أية إضافات أو رموز خاصة.



شكل (٢-٩) فرق الإسقاط بين الخريطة والصورة الجوية

الفصل الثالث

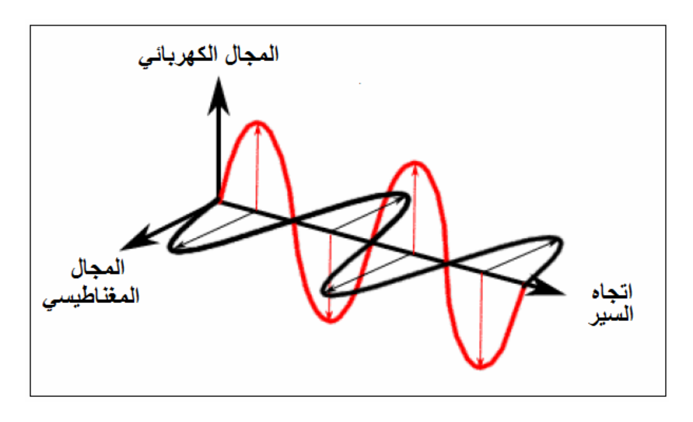
أسس التصوير الجوي

٣-١ مقدمة

يعتمد التصوير الجوي علي عدة أسس علمية لعلوم الضوء و البصريات حيث أن كاميرات التصوير الجوي (التقليدية) تحتوي علي عدسة أو عدة عدسات تسمح بمرور الضوء الي الفيلم. يتعرض هذا الفصل للأسس العامة للضوء الكهرومغناطيسي و أجزاؤه وللعدسات و أنواعها وأيضا للأفلام ومكوناتها، وكلها معلومات هامة للغاية لدارس التصوير الجوي والاستشعار عن بعد.

٣-٢ الضوء الكهرومغناطيسي

تسير الموجات الضوئية في الفراغ مكونة مجالين من الطاقة: (١) المجال الكهربائي في اتجاه السير و (٢) المجال المغناطيسي العمودي علي اتجاه السير، وكلا المجالين يسيران بسرعة ثابتة في الفراغ وهي ما يطلق عليها اسم سرعة الضوء. من هنا يسمي الضوء بأنه ضوء كهرومغناطيسي أو أشعة كهرومغناطيسية.



شكل (٣-١) الضوء الكهرومغناطيسي

الضوء الكهرومغناطيسي ليس نوعا واحدا، بل يوجد بداخله مئات من الأنواع أو الأقسام أو الأشعة التي تختلف في مواصفاتها وأيضا في استخداماتها. ولكي نفرق بين هذه الأنواع يجب وضع معيار محدد، وهناك معيارين أو قيمتين تمكننا من تقسيم الضوء الكهرومغناطيسي الي أقسام وهما (١) الطول الموجي، و (٢) التردد. وقبل الدخول في تفاصيلهما سنتعرض للوحدات المستخدمة في القياس حيث:

١ متر	=	١٠٠ أو $١٠^{٢}$	سنتيمتر (سم)
١ سنتيمتر	=	١٠	ملليمتر (مللي)
١ ملليمتر	=	١٠٠٠ أو $١٠^{٣}$	مايكرومتر (ميكرو أو الرمز اللاتيني μ)
١ مايكرومتر	=	١٠٠٠ أو $١٠^{٣}$	نانومتر

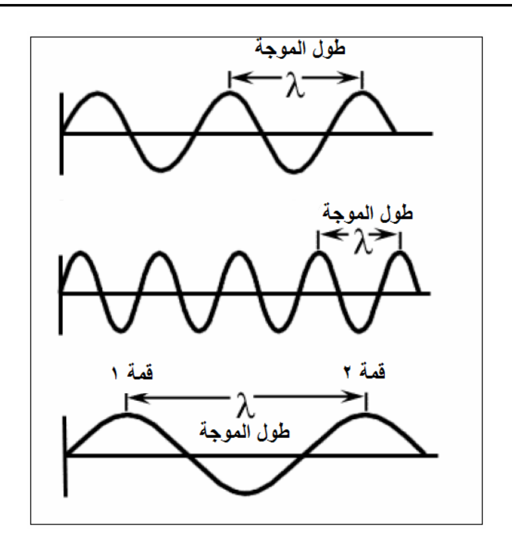
<u>أي أن:</u>

١ متر	=	١٠٠٠ أو $١٠^{٣}$	ملليمتر
١ متر	=	١،٠٠٠،٠٠٠ أو $١٠^{٦}$	مايكرومتر
١ متر	=	١،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠ أو $١٠^{٩}$	نانومتر

<u>أو بصورة أخري فأن:</u>

١ سنتيمتر	= ١ / ١٠٠	أو $١٠^{-٢}$	متر
١ ملليمتر	= ١ / ١٠٠٠	أو $١٠^{-٣}$	متر
١ مايكرومتر	= ١ / ١،٠٠٠،٠٠٠	أو $١٠^{-٦}$	متر
١ نانومتر	= ١ / ١،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠	أو $١٠^{-٩}$	متر

يسير الضوء المغناطيسي في الفراغ في صورة منحني (وليس خطا مستقيما) يشبه منحني دالة الجيب sin، أي أنه - وبصورة تخيلية - يزداد ليصل الي أقصي قيمة (قمة ١) ثم يبدأ في الانخفاض حتى يصل الي الصفر ثم يستمر ليصل الي أقصي قيمة سالبة في الجهة الأخرى (قمة ٢) ثم يبدأ في الزيادة ليصل لمستوي الصفر مرة أخري. وهذه الحركة أو الدورة نطلق عليها اسم "موجة"، وتتكرر هذه الموجات طوال خط سير الضوء. والمسافة التي تفصل بين قمتين متتاليتين هي ما يطلق عليها اسم <u>"طول الموجة" أو "الطول الموجي"</u> للضوء، وغالبا يستخدم الحرف اللاتيني (ينطق λ لامدا) للتعبير عن الطول الموجي. وبذلك فأن أنواع الضوء الكهرومغناطيسي تختلف في قيمة الطول الموجي لها من نوع الي آخر.



شكل (٣-٢) الطول الموجي للضوء الكهرومغناطيسي

يعد التردد هو المعيار الثاني المستخدم في التفرقة بين نوع ضوء كهرومغناطيسي و نوع آخر، ويعرف التردد علي أنه عدد الدورات الكاملة (الموجات) للضوء في فترة زمنية محددة، أو بصورة أخري فالتردد هو عدد الموجات في الثانية الواحدة. ويقاس التردد بوحدات الهرتز والذي يساوي ١ دورة/ثانية، ومضاعفاتها مثل الكيلو هرتز والمساوي ١٠٠٠ (أي ألف) دورة/ثانية أو الميجا هرتز والبالغ ١،٠٠٠،٠٠٠ (أي مليون) دورة/ثانية أو الجيجا هرتز والبالغ ١،٠٠٠،٠٠٠،٠٠٠ (أي مليار) دورة/ثانية.

العلاقة بين الطول الموجي و التردد لأي نوع من أنواع الضوء الكهرومغناطيسي هي علاقة ثابتة حيث أن:

التردد × الطول الموجي = سرعة الضوء

أي أن:

التردد = سرعة الضوء / الطول الموجي

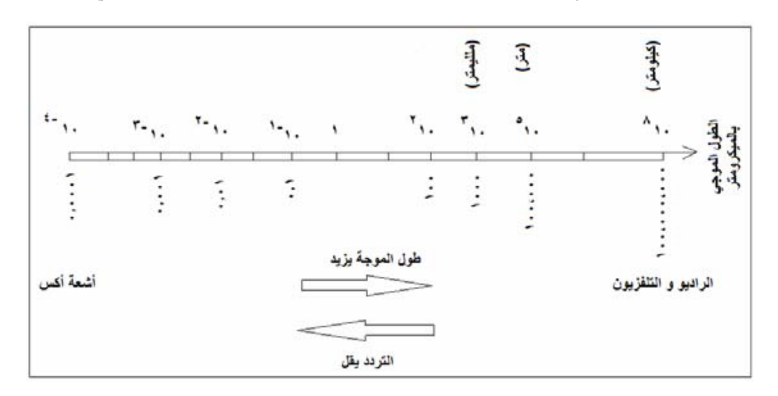
وأيضا:

الطول الموجي = سرعة الضوء / التردد

من المعروف أن سرعة الضوء ثابتة (حوالي ٣٠٠،٠٠٠ كيلومتر/ثانية) فيمكننا حساب التردد أو الطول الموجي لنوع محدد من الضوء إذا علمنا قيمة الآخر. كما يدل ذلك علي أن العلاقة بين التردد و سرعة الضوء علاقة عكسية، فإذا زاد التردد قل الطول الموجي والعكس

صحيح أيضا. ولذلك سنعتمد علي قيمة طول الموجة في تعريف أنواع أو أقسام الضوء المغناطيسي في الجزء التالي.

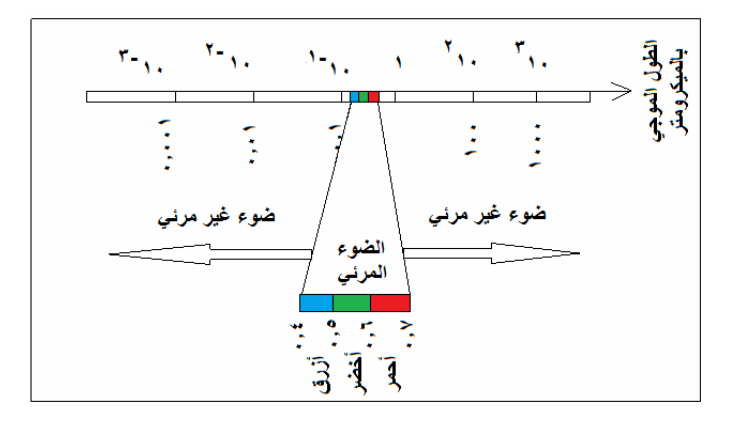
طبقا للطول الموجي فأن الضوء الكهرومغناطيسي يتراوح بين أطوال موجات قصيرة جدا (مثل أشعة جاما و أشعة اكس أو الأشعة السينية) الي أطوال موجات كبيرة جدا (مثل موجات بث الراديو و التلفزيون)، ومن هنا فيوجد عدد كبير جدا من أنواع أو أقسام الضوء.



شكل (٣-٣) أقسام الضوء الكهرومغناطيسي بناءا علي طول الموجة

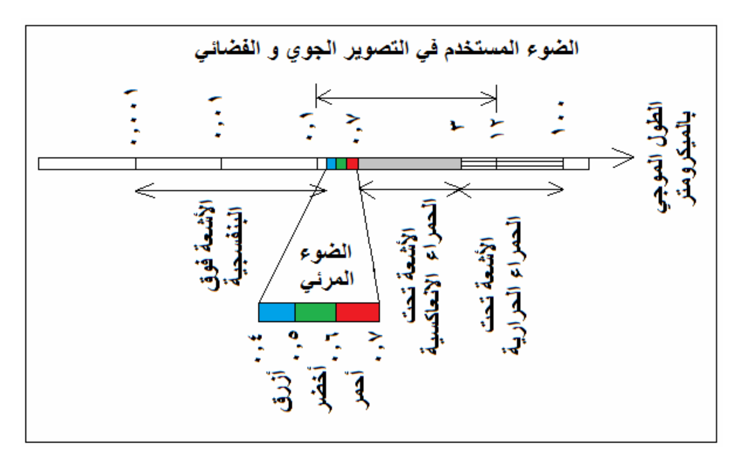
ما تستطيع عين الإنسان رؤيته من أنواع الضوء الكهرومغناطيسي هو ما نطلق عليه اسم الضوء المرئي، بينما كل الأشعة التي لا تستطيع العين البشرية التعامل معها تسمي الضوء غير المرئي. والضوء المرئي هو الضوء الذي يتراوح طوله الموجي بين ٠.٤ مايكرومتر و ٠.٧ مايكرومتر، أي أن أي ضوء له طول موجه أقل من ٠.٤ مايكرومتر وأي ضوء له طول موجه أكبر من ٠.٧ مايكرومتر لن نستطيع رؤيته ولذلك يسمي الضوء غير المرئي. ويتقسم الضوء المرئي الي ٣ أقسام رئيسية وهي:

- اللون الأزرق: يتراوح طول الموجة من ٠.٤ الي ٠.٥ مايكرومتر
- اللون الأخضر: يتراوح طول الموجة من ٠.٥ الي ٠.٦ مايكرومتر
- اللون الأحمر: يتراوح طول الموجة من ٠.٦ الي ٠.٧ مايكرومتر



شكل (٣-٤) الضوء الكهرومغناطيسي المرئي وغير المرئي

يستخدم الضوء المرئي في التصوير الجوي بصفة أساسية، وان كانت هناك أنواع من معدات التصوير الجوي و أيضا التصوير الفضائي تستخدم بالإضافة للضوء المرئي أنواع من الضوء غير المرئي ذات أطوال موجات قريبة. فالأشعة فوق البنفسجية - التي تتراوح أطوال موجاتها بين ٠.١ مايكرومتر و ٠.٤ مايكرومتر - تستخدم في تطبيقات معينة من التصوير خاصة التصوير الفضائي (الاستشعار عن بعد) في مجال الجيولوجيا وتحديد أنواع الصخور. كما تستخدم الأشعة تحت الحمراء سواء الانعكاسية (طول موجاتها يتراوح بين ٠.٧ و ٣ مايكرومتر) أو الأشعة تحت الحمراء الحرارية أو الانبعاثية (طول موجاتها يتراوح بين ٣ و ١٢ مايكرومتر) في التصوير الجوي و التصوير الفضائي خاصة في التطبيقات الزراعية و المائية و العسكرية.



شكل (٣-٥) الضوء المستخدم في التصوير الجوي و التصوير الفضائي

٣-٣ العدسات

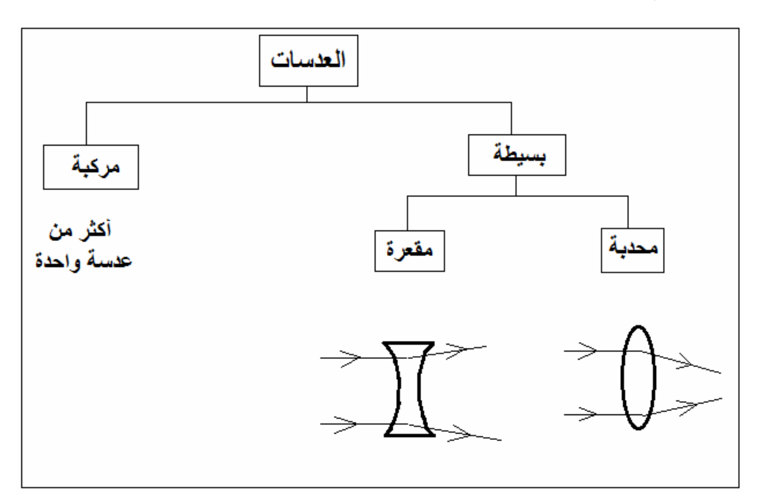
العدسة هي قطعة من الزجاج النقي التي عندما يسقط الضوء علي سطحها إما أن تسمح له بالانكسار (المرور) أو أن تعكسه (أو ترده) مرة أخري كما في حالة المرآة. وتتكون أنواع العدسات إما مع عدسة بسيطة (عدسة واحدة) أو عدسة مركبة (مجموعة من العدسات). وتتكون العدسة البسيطة من نوعين:

عدسة محدبة:

يكون وسط العدسة أسمك من أطرافها، وبذلك فهي تستخدم في تجميع الأشعة الضوئية بعد مرورها بالعدسة ومن ثم فيطلق عليها أيضا العدسة اللامة أو العدسة الموجبة.

عدسة مقعرة:

يكون وسط العدسة أقل سمكا من أطرافها، وبذلك فهي تستخدم في تفريق الأشعة الضوئية بعد مرورها بالعدسة ومن ثم فيطلق عليها أيضا العدسة المفرقة أو العدسة السالبة.



شكل (٣-٦) أنواع العدسات

لكل عدسة مركز بصري وهو النقطة التي إذا مر بها شعاع الضوء فلا يحدث له أي انكسار أو انحراف، أي أن اتجاه دخول الضوء الي العدسة هو نفس اتجاه خروجه من العدسة. والمركز البصري للعدسة ينطبق علي مركزها الهندسي أي مركز تكور سطح العدسة. أما الخط الذي إذا مر شعاع الضوء من خلاله فلا يحدث له أي انكسار فيسمي المحور البصري للعدسة، وهو بالطبع يمر من خلال المركز البصري للعدسة.

البؤرة أو النقطة الأساسية للعدسة هي نقطة علي المحور البصري للعدسة تتجمع عندها الأشعة الموازية للمحور البصري. فإذا وضع أي هدف في موضع البؤرة فلن تتكون له صورة خلف العدسة. وتعرف المسافة بين المركز البصري للعدسة و بؤرة العدسة باسم البعد البؤري للعدسة، حيث لكل عدسة بعد بؤري ثابت لا يتغير.

والعلاقة التي تجمع البعد البؤري للعدسة و بعد كلا من الجسم و الصورة تعرف باسم معادلة العدسة وهي كالتالي:

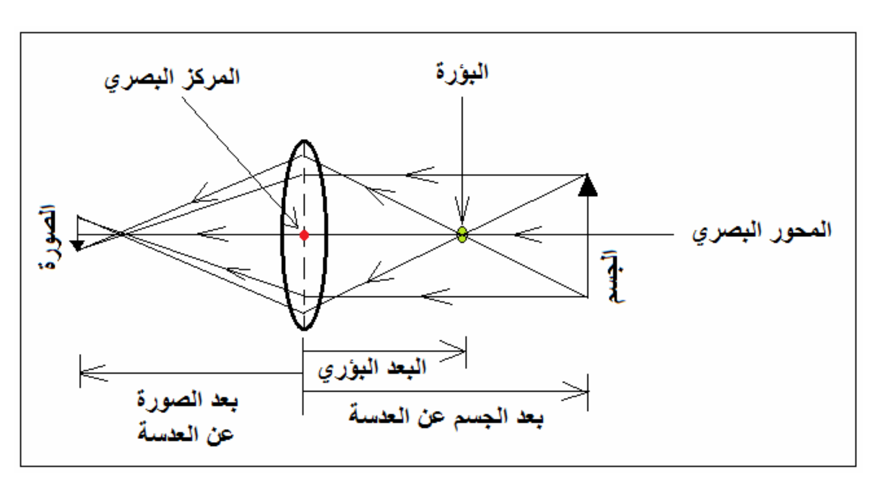
$$\frac{١}{ف} = \frac{١}{س} + \frac{١}{ص}$$

حيث:

ف البعد البؤري

ص بعد الجسم عن العدسة

س بعد الصورة عن العدسة



شكل (٣-٧) الخصائص الأساسية للعدسة

٣-٤ الأفلام

الفيلم هو شريحة من البلاستيك المغطاة بطبقة من مادة نترات الفضة، وهي المادة التي تتميز بتأثرها أو حساسيتها للضوء طبقا لشدته. وبصفة عامة تنقسم الأفلام المستخدمة في التصوير الجوي - طبقا لاستخدامات التصوير الجوي - إلي عدة أنواع تشمل أساسا الأفلام الضوئية والأفلام غير الضوئية، وفي كل نوع منهما يوجد أفلام ملونة و أفلام غير ملونة. فالأفلام الضوئية هي تلك الحساسة لأنواع الطيف الكهرومغناطيسي المرئي فقط، بينما النوع الثاني من الأفلام يكون حساسا وقادرا علي تسجيل بعض أنواع الضوء غير المرئي خاصة الأشعة تحت الحمراء.

ومن أنواع أفلام التصوير الجوي:

- الفيلم البانكروماتي أو الفيلم الحساس للضوء المرئي: الفيلم المرئي العادي المستخدم في التصوير الأبيض و أسود ، وهو يتميز بسعره المنخفض، ومازال هو الأكثر استخداما في التصوير الجوي خاصة بهدف إنتاج الخرائط وأيضا في التطبيقات الجيولوجية و الهيدرولوجية و التربة.

- الفيلم الأبيض و الأسود الحساس للأشعة تحت الحمراء: تمتد حساسية مادة الفيلم لتشمل بالإضافة للضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء أيضا. تستخدم هذه النوعية من الأفلام في التعرف علي جودة و صحة النباتات حيث تظهر النباتات ذات الأوراق الممتلئة بالكلورفور (اليخضور) تظهر بلون أبيض بينما النباتات المريضة تظهر بلون داكن. كما أن هذه النوعية من الأفلام تكون مفيدة في التمييز بين الماء و اليابسة واكتشاف المسطحات المائية مهما صغرت مساحتها.

- الفيلم الملون العادي: حيث تظهر المعالم الطبيعية في الصورة بألوانها الطبيعية المعتادة كما تراها العين البشرية، كما أن عين الإنسان تستطيع أن تميز بين ألوان أكثر كثيرا مما تستطيع أن تميز من تدرجات اللون الرمادي في الأفلام البانكروماتية. وقديما كان سعر الأفلام الملونة مرتفعا ولم تكن هذه الأفلام منتشرة بكثرة في تطبيقات التصوير الجوي إلا أنها أصبحت الآن أكثر استخداما خاصة في تفسير الصور الجوية.

- الفيلم الملون الحساس للأشعة تحت الحمراء: وتسمي أيضا الأفلام الملونة الكاذبة حيث تظهر المعالم الخضراء بلون ازرق علي الصورة باستثناء النباتات كما تظهر المعالم الحمراء بلون اخضر علي الصورة وتظهر الأهداف التي لا تراها عين الإنسان (خارج نطاق الضوء المرئي) بلون أحمر علي الصورة. يستخدم هذا النوع من الأفلام في التطبيقات الزراعية لتحديد أنواع و أمراض النباتات وكذلك التمييز بين المياه الصافية أو العذبة و المياه العكرة أو شديدة الأملاح، وأيضا في التطبيقات العسكرية والمخابراتية.

صورة أبيض و أسود

صورة ملونة عادية

صورة ملونة عادية

صورة بالأشعة تحت الحمراء

شكل (٣-٨) أنواع الصور طبقا للأفلام المستخدمة

الفصل الرابع

القياسات من الصور الجوية

٤-١ مقدمة

تستخدم الصور الجوية في أهم تطبيقاتها في إنتاج و تحديث الخرائط التفصيلية و الطبوغرافية، ولإجراء القياسات الدقيقة من الصور الجوية (الرأسية أو قليلة الميل بعد تحويلها الي رأسية) يلزم إجراء بعض العمليات الرياضية و الحسابية. وبالرغم من أن هذه الحسابات أصبحت تتم الآن باستخدام برامج حاسوبية متخصصة، إلا أن فهم طبيعة وخصائص الصور الجوية من الناحية الهندسية مهم لدارس هذا العلم.

٤-٢ حساب مقياس رسم الصور الجوية

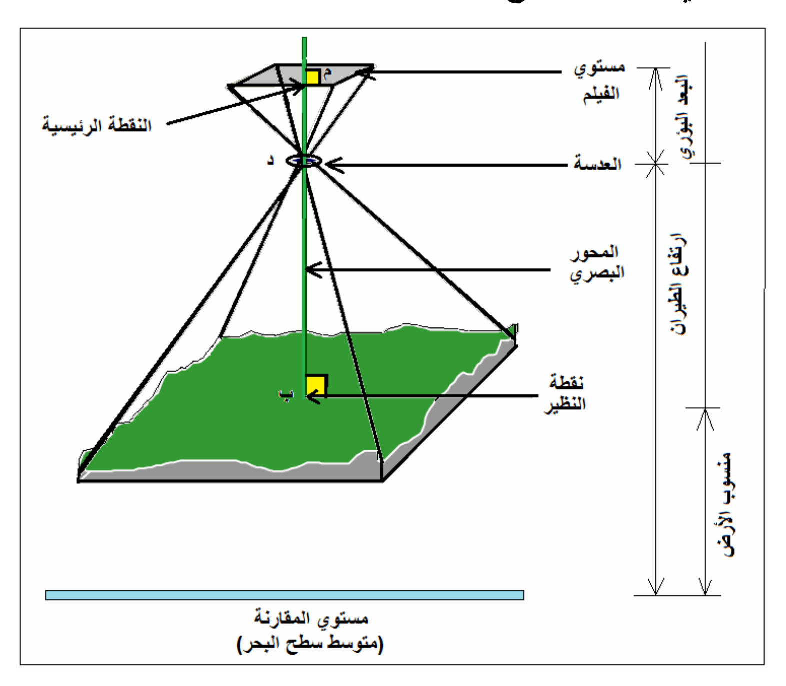
مقياس رسم الصورة الجوية هو النسبة العددية بين أي طول علي الصورة و طوله الحقيقي علي الأرض. وتجدر الإشارة الي أن تعريف مقياس رسم الخريطة هو نفس التعريف إلا أننا نضيف عليه كلمة "النسبة العددية الثابتة"، ومن هنا نستنتج أن مقياس رسم الصورة الجوية غير ثابت لنفس الصورة و إنما يختلف من نقطة لأخرى عليها بعكس الخريطة. والسبب الرئيسي والأساسي وراء هذا الاختلاف هو طبيعة الإسقاط المركزي للصورة الجوية والذي يتسبب في ان مقياس رسمها سيعتمد علي منسوب كل نقطة (أي طبيعة تضاريس المنطقة الجغرافية المصورة). وتوجد عدة عوامل أخري وراء عدم ثبات قيمة مقياس رسم الصورة الجوية مثل ميل الصورة و أخطاء العدسة و أخطاء الفيلم وطبيعة تكور سطح الأرض ذاتها، إلا أن معظم هذه العوامل قد تم التغلب عليها بتقدم التقنيات الحديثة المستخدمة في إنتاج معدات و أفلام التصوير الجوي حاليا.

توجد عدة طرق لحساب مقياس رسم صورة جوية طبقا للمعلومات المتاحة و أيضا طبقا لتغير تضاريس سطح الأرض (المناسيب) للمنطقة الجغرافية الظاهرة علي الصورة.

٤-٢-١ مقياس الرسم لمنطقة مستوية

لقياس ارتفاع أي نقطة علي سطح الأرض فأننا نستخدم مستوي سطح البحر علي أنه مستوي المقارنة (الصفر) الذي يبدأ قياس الارتفاع من عنده، ومن هنا نطلق علي هذا الارتفاع مصطلح "المنسوب" لنفرق بينه وبين أي طريقة أخري لقياس الارتفاعات. فالمنسوب هو قيمة ارتفاع النقطة عن مستوي سطح البحر. فعند تصوير منطقة منبسطة أو مستوية التضاريس تكون مناسيب المعالم الجغرافية تقريبا واحدة أو قريبة من بعضها البعض مما يجعلنا نفترض أن فروق المناسيب لن يكون لها تأثير كبير علي حساب مقياس رسم الصورة الجوية.

بالنظر للشكل التالي نجد أن مركز الصورة أو النقطة الأساسية (م) ومركز العدسة (د) يقعان علي خط واحد وهو المحور البصري للعدسة. فإذا قمنا بمد المحور البصري علي استقامته حتى يقطع الأرض فأن مسقط مركز العدسة سيقع عند نقطة تسمي نقطة النظير (ب). أيضا يمكننا ملاحظة أن المنطقة الأرضية قد تم تصغيرها علي الصورة الجوية بنفس النسبة بين المسافة م د الي المسافة د ب، أو بمعني آخر فأن نسبة التصغير علي الصورة تساوي نفس النسبة بين البعد البؤري للكاميرا (المسافة م د) وارتفاع الكاميرا عن سطح الأرض (المسافة د ب) وهذا الأخير ما هو الفرق بين ارتفاع الطيران و منسوب الأرض. ونسبة تصغير الصورة الجوية ما هي إلا مقياس رسم هذه الصورة، ومن ثم يمكننا القول أن مقياس رسم الصورة هو النسبة بين البعد البؤري و فرق ارتفاع الطيران و المنسوب.



شكل (٤-١) الخصائص الهندسية للصورة الجوية الرأسية

و في هذه الحالة تكون معادلة حساب مقياس رسم الصورة الجوية كالتالي:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{1}{\text{م}} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع - م}}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم صورة جوية التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر لمنطقة مستوية يبلغ منسوبها ٢٨٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ ملليمتر؟

مقياس رسم الصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

ولتوحيد الوحدات المستخدمة نحول البعد البؤري الي وحدات الأمتار بقسمته علي ١٠٠٠:

مقياس رسم الصورة = ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٧٢٠ متر

= ٠.١ / ١٧٢٠

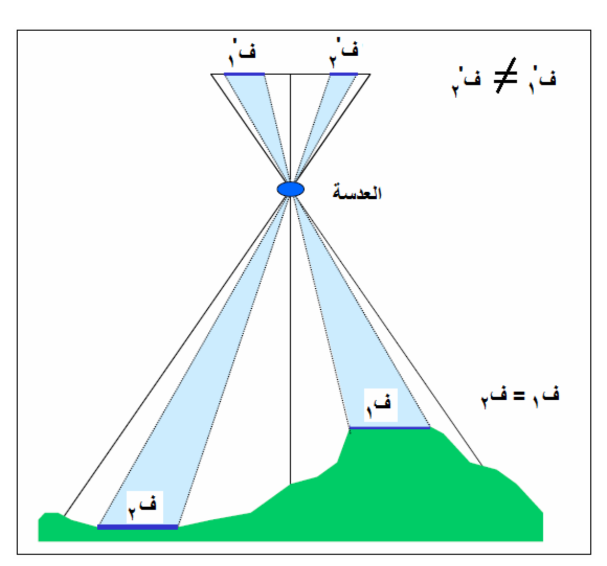
وحيث أن مقياس الرسم العددي بصفة عامة يكتب في صورة كسر يكون البسط به يساوي ١ (مثل ١ / ١٠٠٠) فنقوم بقسمة كلا من البسط و المقام (في المثال) علي قيمة البسط لنحصل علي الصورة المعتادة لكتابة مقاييس الرسم:

مقياس رسم الصورة = (٠.١ / ٠.١) / (١٧٢٠ / ٠.١)

مقياس رسم الصورة = ١ / ١٧٢٠٠

٤-٢-٢ مقياس الرسم لمنطقة مختلفة التضاريس

في حالة اختلاف تضاريس المنطقة المصورة (أي اختلاف مناسيب معالمها عن مستوي سطح البحر) سيكون هناك مقياس رسم لكل نقطة يختلف عن مقياس رسم النقطة الأخرى. فبالنظر للشكل التالي سنجد أن المسافتين ف$_{١}$ ، ف$_{٢}$ متساويتين علي الأرض لكنهما مختلفتين في المنسوب مما سيجعل صورتيهما علي الصورة الجوية ف'$_{١}$ ، ف'$_{٢}$ لن يكونا متساويتين. أي أنه كلما كان الهدف أقرب للكاميرا (أي أعلي منسوبا) كلما ظهر علي الصورة الجوية بمقياس رسم أكبر.



شكل (٤-٢) اختلاف التضاريس و تأثيره علي مقياس رسم الصورة الجوية

وفي حالة اختلاف المناسيب (التضاريس) فنستخدم المعادلات التالية:

لحساب مقياس الرسم عند النقطة الأولي:

$$\text{مقياس الرسم عند النقطة أ} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}} = \frac{ف}{ع - م_{أ}}$$

لحساب مقياس الرسم عند النقطة الثانية:

$$\text{مقياس الرسم عند النقطة ب} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة ب}} = \frac{ف}{ع - م_{ب}}$$

أما لحساب مقياس الرسم المتوسط للصورة الجوية:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب}} = \frac{ف}{ع - م_{م}}$$

مثال ١:

أحسب مقياس رسم صورة جوية للنقطة أ البالغ منسوبها ٢٨٠ متر فوق سطح البحر علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ملليمتر. ثم أحسب أيضا مقياس الرسم للنقطة ب التي يبلغ منسوبها ٤٠٠ متر فوق سطح البحر، ثم قم بحساب مقياس الرسم المتوسط لهذه الصورة الجوية؟

مقياس رسم الصورة عند النقطة أ = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ١٠٠٠/١٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٢٨٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٧٢٠ متر

= ٠.١ / ١٧٢٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٧٢٠ / ٠.١)

= ١ / ١٧٢٠٠

مقياس رسم الصورة عند النقطة ب = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة ب)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ١٠٠٠/١٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٤٠٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٦٠٠ متر

= ٠.١ / ١٦٠٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٦٠٠ / ٠.١)

= ١ / ١٦٠٠٠

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

أولا نحسب متوسط المنسوب:

متوسط المنسوب أو المنسوب المتوسط = (منسوب النقطة أ + منسوب النقطة ب) ÷ ٢

= (٢٨٠ + ٤٠٠) ÷ ٢

= ٦٨٠ ÷ ٢

= ٣٤٠ متر

ثانيا:

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

= ١٠٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٣٤٠ متر)

= ١٠٠/١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٣٤٠ متر)

= ٠.١ متر / ١٦٦٠ متر

= ٠.١ / ١٦٦٠

= (٠.١ / ٠.١) / (١٦٦٠ / ٠.١)

= ١ / ١٦٦٠٠

مثال ٢:

أحسب مقياس الرسم المتوسط لصورة جوية علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٠٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ٩٠ ملليمتر وأن متوسط منسوب المنطقة هو ٦٥٠ متر فوق سطح البحر ؟

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

= ٩٠ ملليمتر / (٢٠٠٠ متر - ٦٥٠ متر)

= ٩٠ /١٠٠٠ متر / (٢٠٠٠ متر - ٦٥٠ متر)

= ٠.٠٩ متر / ١٣٥٠ متر

= (٠.٠٩ / ٠.٠٩) / (١٣٥٠/ ٠.٠٩)

= ١ / ١٥٠٠٠

٤-٢-٣ مقياس الرسم لمنطقة ساحلية

في حالة تصوير منطقة ساحلية (أي منسوبها هو نفس مستوي سطح البحر) فأن معادلة حساب مقياس رسم الصورة الجوية تتغير لتصبح:

مقياس رسم الصورة لمنطقة ساحلية = البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - منسوب المنطقة)

= البعد البؤري / (ارتفاع الطيران - صفر)

= البعد البؤري / ارتفاع الطيران

مثال:

أحسب مقياس رسم صورة جوية لمنطقة ساحلية علما بأن الصورة قد التقطت من علي ارتفاع ٢٥٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا لها بعد بؤري يبلغ ١٠٠ ملليمتر ؟

مقياس رسم الصورة لمنطقة ساحلية = البعد البؤري / ارتفاع الطيران

= ١٠٠ ملليمتر / ٢٥٠٠ متر

= ١٠٠ ÷١٠٠٠ متر / ٢٥٠٠ متر

= ٠.١ / ٢٥٠٠

= (٠.١ ÷ ٠.١) / (٢٥٠٠÷٠.١١٢)

= ١ / ٢٥٠٠٠ أي ١ : ٢٥٠٠٠

٤-٢-٤ طرق أخرى لحساب مقياس رسم الصورة الجوية

يمكن حساب مقياس رسم تقريبي للصورة الجوية - في حالة عدم معرفة البعد البؤري للكاميرا و ارتفاع الطيران - بعدة طرق أخري:

(أ) قياس مسافة علي الصورة ومعرفة المسافة الحقيقية لها علي الأرض:

إذا قمنا بقياس مسافة (جزء من طريق مثلا) علي الصورة الجوية وكان معلوما الطول الحقيقي علي الأرض لهذه المسافة فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

مقياس رسم الصورة = المسافة علي الصورة / المسافة علي الأرض

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي يظهر بها شارع العزيزية بمكة المكرمة بطول ٣٢ ملليمتر علي الصورة إذا علمت أن طول الشارع الحقيقي علي الأرض يبلغ ٩.٦ كيلومتر؟

مقياس رسم الصورة = المسافة علي الصورة / المسافة علي الأرض

= ٣٢ ملليمتر / ٩.٦ كيلومتر

نوحد وحدات كلا من البسط و المقام بقسمة البسط علي ١٠٠٠،٠٠٠ حتى نحول الملليمترات الي كيلومترات:

مقياس رسم الصورة = (٣٢ ÷ ١٠٠٠،٠٠٠) كيلومتر / ٩.٦ كيلومتر

= ٠.٠٠٠٠٣٢ / ٩.٦

نقسم كلا من البسط و المقام علي قيمة البسط (في المثال) للوصول الي الصورة التقليدية لمقياس الرسم حيث يكون البسط هو الواحد:

مقياس رسم الصورة = (٠.٠٠٠٠٣٢ ÷ ٠.٠٠٠٠٣٢) / (٩.٦ ÷ ٠.٠٠٠٠٣٢)

= ١ / ٣٠٠،٠٠٠

(ب) قياس مسافة علي الصورة وقياسها علي خريطة معلومة:

إذا قمنا بقياس مسافة (جزء من طريق مثلا) علي الصورة الجوية وقمنا بقياس طوله علي خريطة معلومة مقياس الرسم فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{الطول علي الصورة}}{\text{الطول علي الخريطه}} \times \text{مقياس رسم الخريطة}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي يظهر بها خط طوله ١٦ ملليمتر إذا علمت أن هذا الخط يبلغ طوله ٢٠ ملليمتر علي خريطة مقياس رسمها ١ : ١٥٠٠٠ ؟

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{الطول علي الصورة}}{\text{الطول علي الخريطه}} \times \text{مقياس رسم الخريطة}$$

$$= \frac{١٦}{٢٠} \times \frac{١}{١٥٠٠٠} = \frac{١٦}{٣٠٠،٠٠٠}$$

$$= \frac{١٦ \div ١٦}{٣٠٠،٠٠٠ \div ١٦} = \frac{١}{١٨٧٥٠}$$

(ج) قياس مسافة بين نقطتين علي الصورة ومعرفة الإحداثيات الأرضية لهما:

إذا قمنا بقياس مسافة بين نقطتين معلومتين علي الصورة الجوية وتوافر لدينا قيم الإحداثيات الأرضية (س،ص) لكلتا النقطتين فيمكن حساب مقياس رسم الصورة كالتالي:

المسافة الأرضية بين أي نقطتين (معلومتي الإحداثيات) تساوي الجذر التربيعي لمجموع مربع فرق الإحداثيات السينية مع مربع فرق الإحداثيات الصادية، ثم بعد ذلك نحسب مقياس رسم الصورة الجوية كما في المثال السابق. أي أن:

$$\text{المسافة الأرضية بين نقطتين} = \sqrt{(\text{فرق الاحداثيات السينية})^2 + (\text{فرق الاحداثيات الصادية})^2}$$

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{المسافة علي الصورة}}{\text{المسافة الأرضية}}$$

مثال:

أحسب مقياس رسم الصورة الجوية التي قيست فيها المسافة بين النقطتين أ ، ب فوجدت ٤٧ ملليمتر إذا علمت أن الإحداثيات الأرضية لنقطة أ هي (٤٠٠ ، ٣٠٠) متر بينما إحداثيات النقطة ب هي (٨٠٠ ، ٩٠٠) متر؟

المسافة الأرضية بين نقطتين = $\sqrt{\text{(فرق الاحداثيات السينية)}^{٢} + \text{(فرق الاحداثيات الصادية)}^{٢}}$

= $\sqrt{(\text{٨٠٠ - ٤٠٠})^{٢} + (\text{٩٠٠ - ٣٠٠})^{٢}}$

= $\sqrt{(\text{٤٠٠})^{٢} + (\text{٦٠٠})^{٢}}$ = $\sqrt{\text{١٦٠،٠٠٠ + ٣٦٠،٠٠٠}}$

= $\sqrt{\text{٥٢٠،٠٠٠}}$ = ٧٢١,١١ متر

مقياس رسم الصورة = $\frac{\text{المسافة على الصورة}}{\text{المسافة الأرضية}}$ = $\frac{\text{٤٧ ملليمتر}}{\text{٧٢١,١١ متر}}$ = $\frac{\text{٤٧ ÷ ١٠٠٠ متر}}{\text{٧٢١,١١ متر}}$

= $\frac{\text{٠,٠٤٧}}{\text{٧٢١,١١}}$

= $\frac{\text{٠,٠٤٧ ÷ ٠,٠٠٤٧}}{\text{٧٢١,١١ ÷ ٠,٠٠٤٧}}$ = $\frac{\text{١}}{\text{١٥٣٤٣}}$

٤-٣ تطبيقات مقياس رسم الصور الجوية في تصميم الطيران

في حالة معرفة مقياس الرسم المطلوب لتصوير منطقة معينة يمكننا التحديد المسبق لارتفاع الطيران المطلوب أو البعد البؤري للكاميرا الواجب استخدامها لإتمام هذا التصوير.

٤-٣-١ حساب ارتفاع الطيران المناسب لمقياس رسم

تتطلب بعض تطبيقات التصوير الجوي التقاط الصور بمقياس رسم محدد سلفا طبقا لأهداف مشروع التصوير ذاته، ويتطلب هذا تحديد ارتفاع الطيران المناسب للحصول علي مقياس الرسم المطلوب. يعتمد حساب ارتفاع الطيران في هذه الحالة علي معرفة تضاريس المنطقة الجغرافية، وفي هذه الحالة نستخدم المعادلة الأولي من طرق حساب مقياس الرسم ولكن بصورة مختلفة:

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصورة} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران} - \text{متوسط المنسوب}} = \frac{\text{ف}}{\text{ع} - \text{م}_{\text{م}}}$$

ففي هذه المعادلة يكون مقياس الرسم معلوم بينما ارتفاع الطيران هو القيمة المجهولة المطلوب حسابها.

<u>مثال:</u>

تتغير مناسيب سطح الأرض في منطقة جغرافية من ٥٠٠ متر الي ١٥٠٠ متر فوق سطح البحر، ما هو ارتفاع الطيران المناسب لتصوير هذه المنطقة بكاميرا بعدها البؤري ٣٠ سنتيمتر للحصول علي مقياس رسم للصور الجوية يبلغ ١ : ١٠،٠٠٠ ؟

متوسط المنسوب = $\text{م}_{\text{م}}$ = (٥٠٠ + ١٥٠٠) ÷ ٢ = ٢٠٠٠ ÷ ٢ = ١٠٠٠ متر

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري للكاميرا / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب)

١ / ١٠٠٠٠٠ = ٣٠ سنتيمتر / (ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر)

١ / ١٠٠٠٠٠ = ٠.٣ متر / (ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ متر)

أي أن:

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٠.٣ × ١٠٠٠٠٠

ارتفاع الطيران - ١٠٠٠ = ٣٠٠٠٠

ارتفاع الطيران = ٣٠٠٠٠ + ١٠٠٠

= ٤٠٠٠٠ متر

٤-٣-٢ حساب البعد البؤرى المناسب لمقياس رسم

بنفس الطريقة السابقة فمن الممكن حساب البعد البؤري للكاميرا المطلوبة لإتمام تصوير جوي محدد المقياس ومعلوم ارتفاع الطيران:

مقياس الرسم المتوسط للصورة = البعد البؤري للكاميرا / (ارتفاع الطيران - متوسط المنسوب) = ف / (ع - م م)

ففي هذه المعادلة يكون مقياس الرسم و ارتفاع الطيران معلومين بينما البعد البؤري هو القيمة المجهولة المطلوب حسابها، أي أن:

البعد البؤري = (ارتفاع الطيران - المنسوب المتوسط) × مقياس الرسم المتوسط

مثال:

كم يكون البعد البؤري للكاميرا المناسبة لتصوير منطقة يبلغ منسوبها المتوسط ٥٠٠ متر فوق سطح البحر إذا كان التصوير سيكون من ارتفاع طيران يبلغ ٥٠٠٠ متر وبمقياس رسم متوسط للصور الجوية ١ : ١٥٠٠٠ ؟

البعد البؤري = (ارتفاع الطيران - المنسوب المتوسط) × مقياس الرسم المتوسط

= (٥٠٠٠ متر - ٥٠٠ متر) × (١ / ١٥٠٠٠)

= ٠.٣ متر

= ٣٠٠ ملليمتر

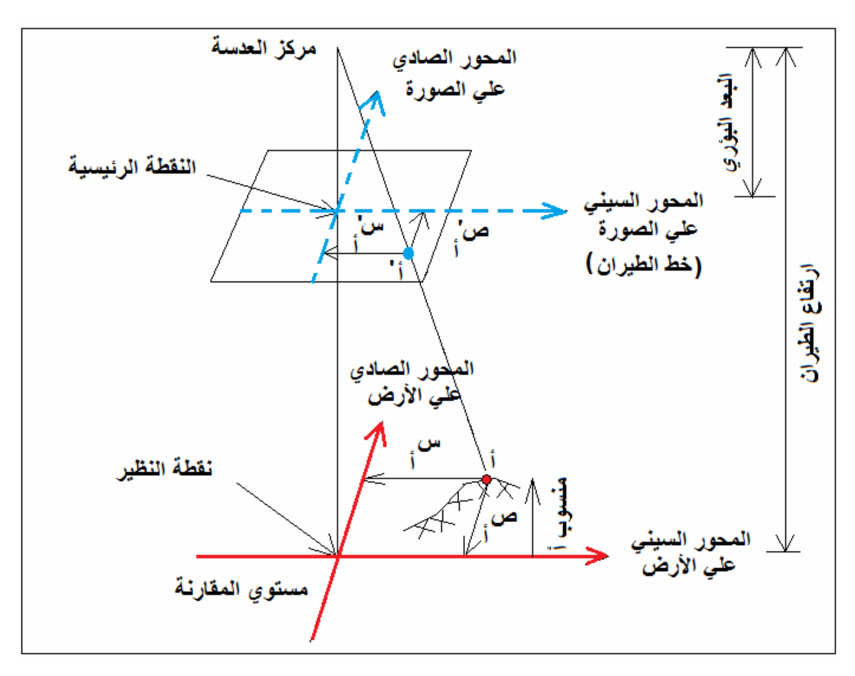
٤-٤ حساب الإحداثيات الأرضية للمعالم

لقياس الإحداثيات علي الصورة الجوية يتم الاعتماد علي نظام إحداثيات يتكون من:

١. مركز النظام في النقطة الرئيسية أو مركز الصورة.
٢. المحور السيني الموجب هو اتجاه الطيران.
٣. المحور الصادي الموجب هو الاتجاه العمودي علي اتجاه الطيران.

تتكون الخطوة الأولي في حساب الإحداثيات الأرضية للمعالم الجغرافية الظاهرة علي الصورة الجوية من استخدام نظام إحداثيات أرضية نسبية (أي أنها منسوبة للإحداثيات الأرضية لنقطة النظير ذاتها) يتكون من:

١. مركز النظام في مسقط النقطة الرئيسية علي الأرض، أي نقطة النظير.
٢. المحور السيني علي الأرض يقع في مستوي رأسي واحد مع المحور السيني للصورة.
٣. المحور الصادي علي الأرض يقع في مستوي رأسي واحد مع المحور الصادي للصورة.



شكل (٤-٣) الإحداثيات علي الصورة الجوية وعلي الأرض

من المعادلات التالية يمكننا حساب قيم الإحداثيين السيني و الصادي (النسبية) علي الأرض لأي معلم جغرافي تم قياس إحداثياته علي الصورة الجوية:

الاحداثي السيني علي الأرض للنقطة أ = $\frac{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}}{\text{البعد البؤري للكاميرا}}$ × الاحداثي السيني علي الصورة

$$س_أ = \frac{ع - م_أ}{ف} \times س'_أ$$

الاحداثي الصادي علي الأرض للنقطة أ = $\frac{\text{ارتفاع الطيران - منسوب النقطة أ}}{\text{البعد البؤري للكاميرا}}$ × الاحداثي الصادي علي الصورة

$$ص_أ = \frac{ع - م_أ}{ف} \times ص'_أ$$

فإذا عرفنا الإحداثيات الأرضية الحقيقية لنقطة النظير (من خرائط قديمة أو باستخدام أجهزة الجي بي أس) يمكن حساب الإحداثيات الأرضية الحقيقية لأي معلم جغرافي علي الصورة الجوية.

مثال:

تم تصوير صورة جوية من ارتفاع طيران ١٤٠٠ متر فوق سطح البحر و باستخدام كاميرا بعدها البؤري ١٥٠ ملليمتر، وتم قياس الإحداثيات علي الصورة للنقطة أ فكانت (+٥٠، -٤٨) ملليمتر. أحسب الإحداثيات الأرضية لهذه النقطة إذا علمت أن منسوبها يبلغ ٢٠٠ متر فوق مستوي سطح البحر؟

الإحداثي السيني الأرضي = الإحداثي السيني علي الصورة × (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري

= +٥٠ ملليمتر × (١٤٠٠ متر - ٢٠٠ متر) ÷ ١٥٠ ملليمتر

= +٥٠ × (١٢٠٠) ÷ ١٥٠

= +٤٠٠ متر

الإحداثي الصادي الأرضي = الإحداثي الصادي علي الصورة × (ارتفاع الطيران - منسوب النقطة) ÷ البعد البؤري

= -٤٨ ملليمتر × (١٤٠٠ متر - ٢٠٠ متر) ÷ ١٥٠ ملليمتر

= -٤٨ × (١٢٠٠) ÷ ١٥٠

= -٣٨٤ متر

الفصل الخامس

أسس إنتاج الخرائط من الصور الجوية

٥-١ مقدمة

يعد إنتاج و تحديث الخرائط التفصيلية و الطبوغرافية من أهم تطبيقات التصوير الجوي والتصوير الفضائي. لكن تختلف الخصائص الهندسية لكلا من الخريطة و الصورة الجوية اختلافا جوهريا يتطلب إجراء بعض التصحيحات علي الصور قبل تطبيقها في إنتاج الخرائط. كما أن إنتاج الخرائط من الصور الجوية يتطلب التصوير الجوي بمواصفات خاصة تحقق هذا الهدف المنشود، كما يتطلب استخدام أجهزة خاصة أيضا.

يتعرض هذا الفصل للأسس العلمية للتصوير الجوي المطبق في إنتاج الخرائط مثل تصحيح الإزاحة و شروط و تطبيقات الحصول علي الإبصار المجسم من الصور الجوية وكيفية تصميم خطة تنفيذ تصوير جوي لمنطقة معينة بهدف إنتاج الخرائط لها. ويسمي علم القياس من الصور الجوية باسم المسح التصويري أو الفوتوجراميتري.

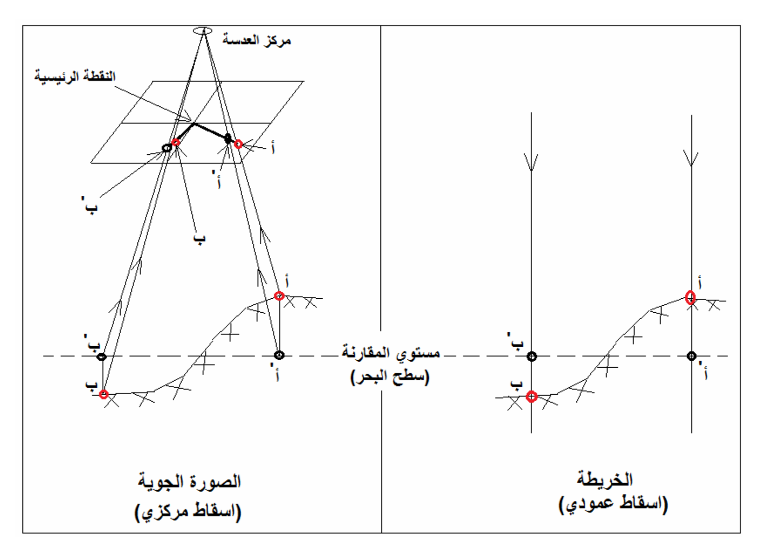
٥-٢ الإزاحة على الصور الجوية

٥-٢-١ تعريف و خصائص الإزاحة

تختلف الصورة الجوية عن الخريطة اختلافا جوهريا ناتجا من طبيعة الإسقاط المستخدم في كلاهما، فالخريطة ناتجة عن إسقاط عمودي بينما الصورة ناتجة من إسقاط مركزي للمعالم الجغرافية. تعرف الخريطة بأنها المسقط الأفقي الناتج عن إسقاط أشعة متوازية عمودية علي الأرض. وحيث أن تضاريس سطح الأرض مختلفة من مكان الي آخر فأن الخريطة تمثل مسقط هذه الأشعة علي مستوي معين للمقارنة وهو مستوي سطح البحر. وحيث أن الأشعة متوازية في حالة إسقاط الخريطة فأن النقطة الأرضية (أ) في الجزء الأيمن من الشكل التالي ستقع هي و مسقطها علي سطح البحر (أ') في نفس الموضع علي الخريطة. وبمعني آخر فأن ما يظهر علي الخريطة - طبقا لتعريفها - هو مسقط النقطة علي سطح البحر، وهذا هو الأساس العلمي للخريطة أيا كان نوعها و مقياس رسمها. وبذلك فأنه لو كانت النقطة الأرضية تقع أعلي من مستوي سطح البحر (مثل النقطة أ) أو كانت تقع أسفل مستوي سطح البحر (مثل النقطة ب) فأن

موقعها علي الخريطة لن يتغير. أي أن اختلاف تضاريس سطح الأرض لا يؤثر في إعداد الخرائط بسبب طبيعة و خصائص هذا الإسقاط العمودي المستخدم في إنتاج الخرائط.

علي الجانب الأخر فأن الصورة الجوية ملتقطة من نقطة مركزية ألا وهي مركز العدسة في الكاميرا الجوية حيث أن كل الأشعة تتجمع في هذا المركز قبل أن تصل الي مستوي الفيلم داخل الكاميرا. ولذلك فأن نوع الإسقاط المستخدم في التصوير الجوي هو الإسقاط المركزي كما يتضح من الجزء الأيسر في الشكل التالي. وبتدقيق النظر في هذا الشكل سنجد أن النقطة الحقيقية الظاهرة في الصورة الجوية هي نقطة (أ) أي النقطة الأرضية الحقيقية، بينما المطلوب لكي نتمكن من رسم الخريطة أن نعرف موضع النقطة أ' علي الصورة (وهي نقطة تخيلية غير موجودة فعلا) حيث أنها هي التي تعبر عن مسقط النقطة علي مستوي سطح البحر وهي التي يجب أن تكون ممثلة علي الخريطة. وبكلمات أخري فأن النقطة الافتراضية (أ') هي التي يجب أن تظهر علي الصورة في حالة أننا نريد أن نحول هذه الصورة الي خريطة، بينما الموجود فعلا علي الصورة هي النقطة (أ). ومن هنا نقول أن النقطة المطلوبة (أ') قد انزاحت أو تحركت من مكانها الحقيقي أو مكانها المفترض علي الخريطة الي موقع آخر (أ) هو الظاهر فعلا علي الصورة الجوية.



شكل (٥-١) الإزاحة الناتجة عن التضاريس

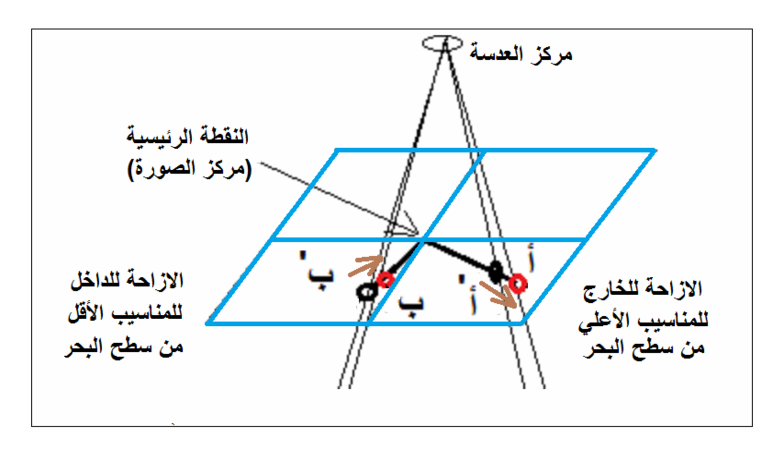
تعرف <u>الإزاحة</u> بأنها ظهور تفاصيل سطح الأرض منزاحة أو متحركة عن مواقعها الحقيقية (المطلوبة علي الخريطة). فقيمة الإزاحة عند النقطة (أ) في الشكل هي المسافة بين كلا من النقطة الظاهرة (أ) و النقطة الافتراضية الحقيقية (أ'). وبالتالي فأن الإزاحة تتسبب في عدم احتفاظ الزاهرات الجغرافية علي الصور الجوية لمسافات و علاقات مكانية مماثلة للمسافات و

العلاقات المناظرة علي الخريطة. ومن هنا فيجب إزالة أو تصحيح الإزاحة قبل التعامل مع الصور الجوية بهدف إنتاج الخرائط.

تتعدد الأسباب التي تؤدي لوجود الإزاحة علي الصور الجوية وتشمل اختلاف تضاريس سطح الأرض، واختلاف مقياس رسم الصور الجوية من موقع لآخر علي الصورة، و عيوب العدسات و الكاميرات، و ميل الطائرة أثناء التصوير، وأيضا عيوب الأفلام والورق المستخدم في تصوير و طباعة الصور الجوية. لكن كل هذه العوامل قد تم التغلب عليها بتقدم التقنيات المستخدمة في التصوير الجوي سواء في العدسات عالية الدقة والأجهزة و المعدات التقنية الحديثة. ويبقي اختلاف تضاريس سطح الأرض هو أهم أسباب الإزاحة التي يجب حسابه و حذف تأثيره من الصور الجوية قبل استخدامها في إنتاج الخرائط.

للتعرف أكثر علي خصائص الإزاحة نلاحظ في الشكل التالي (وهو مجرد تكبير لجزء من الشكل السابق) أن:

- عند النقطة أ التي منسوبها أعلي من مستوي سطح البحر فأن موضع النقطة الحقيقية علي الصورة الجوية (أ') قد انزاح علي امتداد الخط الواصل بينها وبين مركز الصورة أو النقطة الرئيسية في الاتجاه للخارج - أي بعيدا عن مركز الصورة - و بمسافة تساوي أ' - أ.
- عند النقطة ب التي منسوبها أقل من مستوي سطح البحر فأن موضع النقطة الحقيقية علي الصورة الجوية (ب') قد انزاح علي امتداد الخط الواصل بينها وبين مركز الصورة أو النقطة الرئيسية في الاتجاه للداخل - أي مقتربا من مركز الصورة - و بمسافة تساوي ب'- ب.
- بذلك نستنتج أنه كلما زاد منسوب الظاهرة الجغرافية (ارتفاعها عن سطح البحر) كلما زادت قيمة الإزاحة عندها علي الصورة الجوية ، والعكس صحيح أيضا فكلما قل منسوب الظاهرة الجغرافية (ارتفاعها عن سطح البحر) كلما قلت قيمة الإزاحة عندها علي الصورة الجوية.



شكل (٥-٢) خصائص الإزاحة الناتجة عن التضاريس

٥-٢-٢ حساب قيمة الإزاحة

يمكن حساب قيمة الإزاحة لأي معلم علي الصورة الجوية بمعرفة منسوب قمته (ارتفاع القمة عن مستوي سطح البحر) و ارتفاع الطيران للصورة الجوية ثم قياس بعد هذا المعلم عن النقطة الرئيسية (مركز) الصورة الجوية بالمعادلة التالية:

الإزاحة = منسوب قمة الظاهرة × بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية ÷ ارتفاع الطيران عن سطح البحر

مثال ١:

أحسب مقدار إزاحة قمة برج عن موضعه الحقيقي إذا كان منسوب قمة البرج يبلغ ٥٠٠ متر فوق مستوي سطح البحر وتبعد قمته عن النقطة الرئيسية للصورة الجوية بمقدار ٥ سنتيمترات علما بأن ارتفاع الطيران عن سطح البحر يساوي ٥٠٠٠ متر؟

الإزاحة = منسوب قمة الظاهرة × بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية ÷ ارتفاع الطيران عن سطح البحر

= ٥٠٠ متر × ٥ سنتيمتر ÷ ٥٠٠٠ متر

= ٠.٥ سنتيمتر

مثال ٢:

حدد الموضع الصحيح علي الصورة الجوية للنقطة أ التي تظهر علي مسافة ٨.٨ ملليمتر من النقطة الرئيسية للصورة إذا علمت أن أ ترتفع ٢٠٠ متر أعلي مستوي سطح البحر و أن ارتفاع الطيران يبلغ ٣٠٠٠ متر أعلي سطح البحر ؟

الإزاحة = منسوب قمة الظاهرة × بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية ÷ ارتفاع الطيران عن سطح البحر

= ٢٠٠ متر × ٨.٨ ملليمتر ÷ ٣٠٠٠ متر

= ٠.٥٩ ملليمتر

وحيث أن النقطة أ مرتفعة عن مستوي سطح البحر فأن الإزاحة بها تكون للخارج أي بعيدا عن مركز الصورة الجوية، مما يدل علي أن الموضع الحقيقي لهذه النقطة سيكون أقرب للنقطة الرئيسية للصورة:

الموضع الحقيقي للنقطة أ = ٨.٨ - ٠.٥٩ = ٨.٢١ ملليمتر

مثال ٣:

حدد الموضع الصحيح علي الصورة الجوية للنقطة ب التي تظهر علي مسافة ٧.٥ ملليمتر من النقطة الرئيسية للصورة إذا علمت أن ب تنخفض بقيمة ٢٤ متر تحت مستوي سطح البحر و أن ارتفاع الطيران يبلغ ٣٠٠٠ متر أعلي سطح البحر ؟

الإزاحة = منسوب قمة الظاهرة × بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية ÷ ارتفاع الطيران عن سطح البحر

= ٢٤ متر × ٧.٥ ملليمتر ÷ ٣٠٠٠ متر

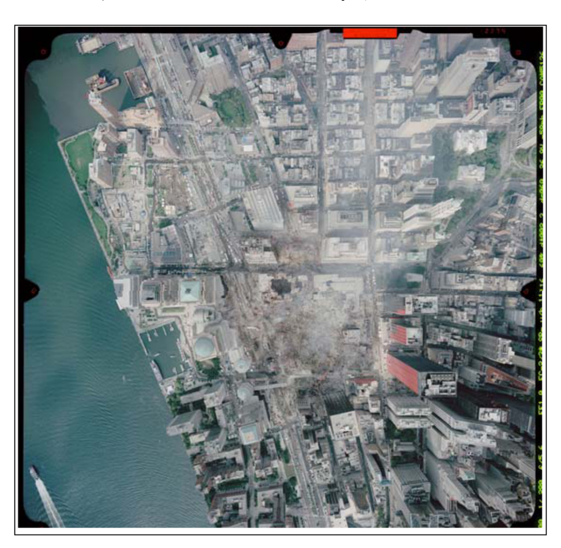
= ٠.٠٦ ملليمتر

وحيث أن النقطة ب منخفضة عن مستوي سطح البحر فأن الإزاحة بها تكون للداخل أي قريبا من مركز الصورة الجوية، مما يدل علي أن الموضع الحقيقي لهذه النقطة سيكون أبعد للنقطة الرئيسية للصورة:

الموضع الحقيقي للنقطة ب = ٧.٥ + ٠.٠٦ =٧.٥٦ ملليمتر

٥-٢-٣ الاستفادة من الإزاحة

المعالم الجغرافية الرأسية (أي لها ميل واحد ثابت وليست متدرجة الميول) مثل الأبراج و المباني السكنية تظهر أحيانا علي الصورة الجوية بحيث يمكن تحديد قمة المعلم و قاعه أيضا علي الصورة. وفي مثل هذه الحالة فأن الإزاحة الحادثة لهذا المعلم تعد هي المسافة علي الصورة الجوية بين قمة المعلم و قاعه، أي يمكن قياسها بالمسطرة علي الصورة. هنا يمكننا أن نستفيد من قياس الإزاحة لمثل هذه المعالم الرأسية في حساب ارتفاع المعلم، أي حساب ارتفاع قمة المعلم عن قاعه وليس منسوب المعلم (فالمنسوب مرة أخري هو الارتفاع عن سطح البحر).



شكل (٥-٣) مثال لصورة بها إزاحة ناتجة عن التضاريس

ارتفاع الظاهرة الرأسية = الإزاحة × ارتفاع الطيران عن سطح البحر ÷ بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية

مثال ١:

أحسب ارتفاع خزان ماء إذا كانت المسافة علي الصورة الجوية بين قمة الخزان و قاعه تبلغ ٠.٠٥ سنتيمتر وكانت قمة الخزان تبعد ٤ سنتيمترات عن النقطة الرئيسية للصورة الجوية و ارتفاع الطيران يبلغ ١٠٠٠ متر عن مستوي سطح البحر؟

ارتفاع الظاهرة الرأسية = الإزاحة × ارتفاع الطيران عن سطح البحر ÷ بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية

= ٠.٠٥ سنتيمتر × ١٠٠٠ متر ÷ ٤ سنتيمتر

= ١٢.٥ متر

مثال ٢:

أحسب ارتفاع برج سكني إذا علمت أن الإزاحة التضاريسية له علي الصورة الجوية (المسافة علي الصورة الجوية بين قمة البرج و قاعه) تبلغ ٥.٣ ملليمتر، وأن قمة البرج تبعد ٥٩ ملليمتر عن النقطة الرئيسية للصورة الجوية و أن ارتفاع الطيران يبلغ ١٥٠٠ متر فوق متوسط سطح البحر ؟

ارتفاع البرج = الإزاحة × ارتفاع الطيران عن سطح البحر ÷ بعد قمة الظاهرة عن النقطة الرئيسية

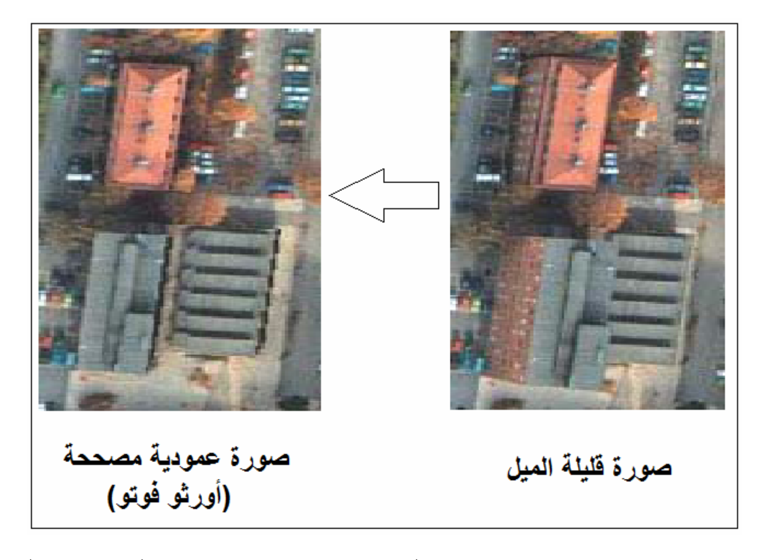
= ٥.٣ ملليمتر × ١٥٠٠ متر ÷ ٥٩ ملليمتر

= ١٣٤.٧ متر

٥-٢-٤ الصور الجوية المصححة

تعد الإزاحة أحد أهم أخطاء الصور الجوية قليلة الميل والتي يجب معالجتها و تصحيحها قبل استخدام الصور الجوية في إنتاج الخرائط. وتتم هذه العملية باستخدام أجهزة خاصة تسمي أجهزة الأورثو فوتوسكوب والذي يقوم بتحويل الصورة قليلة الميل الي صورة رأسية يطلق عليها اسم الصورة الجوية العمودية أو الأورثو فوتو أو الصورة الجوية الخالية من تأثير إزاحة التضاريس و ميل الكاميرا.

وتتميز الصورة الجوية العمودية بأنها مازالت تحتوي صورة جميع المعالم الجغرافية وكل معلومات الصورة الجوية الأصلية إلا أنها ذات مسقط عمودي وبالتالي يمكن استخدامها في إنتاج الخرائط.



شكل (٥-٤) تصحيح الإزاحة و إنتاج الصور الجوية العمودية

ومن أنواع الخرائط ما يسمي بالخرائط المصورة الجوية أو الأورثو فوتو ماب وهي الصورة الجوية العمودية بعد إضافة أساسيات الخريطة عليها (مثل مقياس الرسم و اتجاه الشمال و شبكة الإحداثيات) مع أسماء المعالم الجغرافية (مثل أسماء الشوارع).



شكل (٥-٥) مثال للخرائط المصورة الجوية

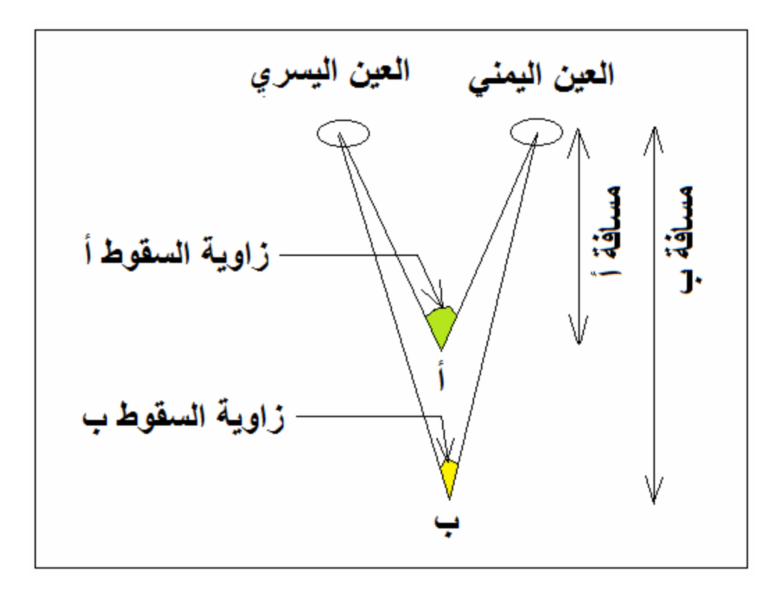
٥-٣ الإبصار المجسم

٥-٣-١ مفهوم الإبصار المجسم

هل سألت نفسك مرة لماذا خلق الله عز و جل لك عينين و ليس عينا واحدة؟ هل سألت نفسك كيف تستطيع أن تشعر وأنت تعبر الطريق بأن السيارة القادمة مازالت بعيدة عنك؟ كيف يمكنك الإحساس بمدي بعد أو قرب الأشياء من حولك؟

كيف تتم عملية الرؤية عند الإنسان؟ تبدأ العملية بسقوط الأشعة الضوئية علي الأجسام ثم ترتد أو تنعكس منها الي عين الإنسان (مثل العدسة في الكاميرا) لتمر هذه الأشعة من بؤرة العين وتسقط علي الشبكية الموجودة داخل العين (مثل الفيلم في الكاميرا) لتتكون صورة داخل الشبكية لهذه الأجسام ثم يتم نقل هذه الصورة من خلال الأعصاب الي المخ الذي يقوم بتفسير هذه الصورة ومعرفة طبيعة كل جسم من هذه الأجسام (شجرة أم سيارة ..... الخ).

حتى الآن فأن عملية الرؤية عند الإنسان لا تحتاج إلا صورة واحدة أو عين واحدة، فما الهدف من وجود العين الثانية أو تكوين الصورة الثانية (التي تتكون بنفس الطريقة من الأشعة الداخلة للعين الثانية) في المخ؟ فلننظر الي الشكل التالي: للنقطة (أ) ستتكون صورتين في المخ أحداهما صورة قادمة من العين اليمني والثانية صورة قادمة من العين اليسرى، ويستطيع المخ أن يقدر قيمة الزاوية بين الشعاعين الصادرين من النقطة (أ) ولنسميها زاوية السقوط (أو زاوية الابتعاد) عند أ. أما الهدف الثاني أو النقطة الثانية (ب) فستتكون لها صورتين أيضا من كل عين من العينين وأيضا يستطيع المخ أن يقدر قيمة زاوية السقوط عند ب. تأتي الخطوة الثانية من قيام المخ بمقارنة قيمة زاوية السقوط عند أ وزاوية السقوط عند ب، وحيث أن زاوية السقوط عند أ أكبر من زاوية السقوط عند ب فأن المخ يستنتج أن الهدف الموجود عند النقطة أ أقرب للإنسان من الهدف الموجود عند النقطة ب. وبذلك يستطيع المخ أن يشعر بالمسافات و يفرق بين الأهداف القريبة و الأهداف البعيدة، وهذه العملية تعتمد علي وجود صورتين لكل هدف حتى يمكن تقدير زاوية السقوط. إذن وجود عينين للإنسان هو الشرط الأساسي ليتمكن مخه من تقدير مسافات الأهداف المحيطة به، وهذا ما نطلق عليه اسم "الإبصار المجسم".



شكل (٥-٦) مفهوم الإبصار المجسم في العين البشرية

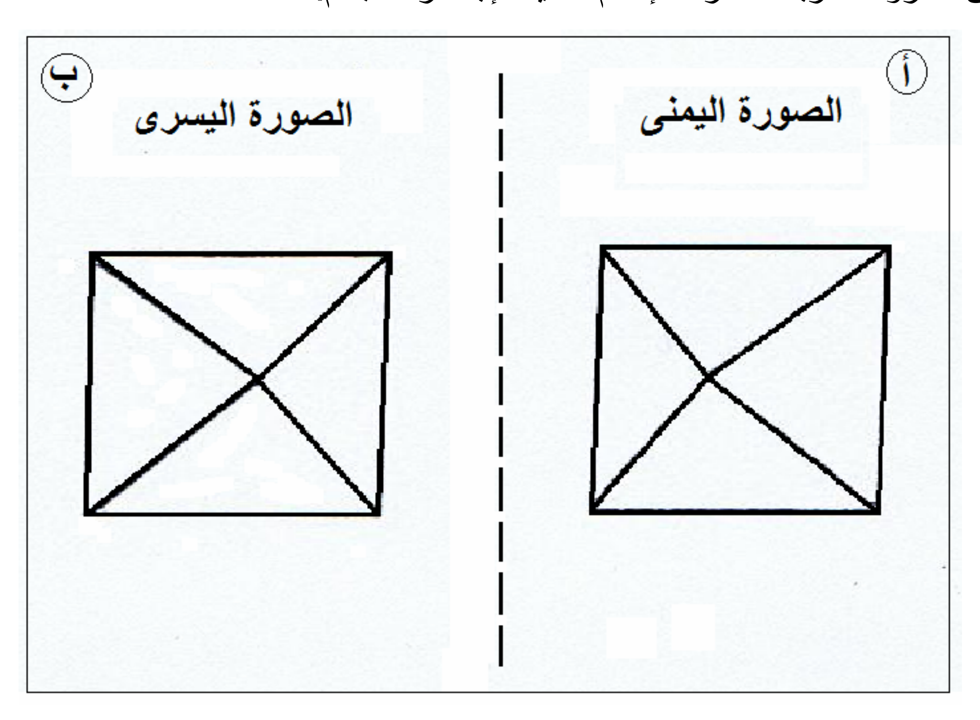
الإبصار المجسم هو القدرة علي تقدير الأبعاد الثلاثية للأهداف والحصول علي أشكالها الحقيقية في الفراغ، بمعني أنه القدرة علي رؤية وتقدير الأبعاد الثلاثية للأهداف والتي تشمل البعدين الأفقيين (الطول و العرض) والبعد الثالث العمودي وهو المسافات (مدي الاقتراب و الابتعاد). وتجدر الإشارة لوجود قدرة محددة للمخ البشري في تقدير قيمة زاوية السقوط وتتراوح تقريبا بين الحد الأدنى البالغ ٢٠ ثانية (الثانية = ١/٣٦٠٠ من الدرجة) و الحد الأقصى البالغ ١٦ درجة، ومن ثم فأن المسافات التي يستطيع المخ البشري تقديرها تتراوح تقريبا بين ٢٠ سنتيمتر و ٧٠٠ سنتيمتر في المتوسط. أما ما هو خارج هذا النطاق فأن المخ يعتمد علي تقدير المسافات بطريقة تقريبية من خلال مقارنة الأحجام و المواقع النسبية للأهداف.

يأتي الآن السؤال الهام و الحيوي ألا وهو كيف يمكن الاستفادة من مفهوم الإبصار المجسم للإنسان في تطبيقات التصوير الجوي؟ أو بمعني آخر: هل يمكننا إبصار الأهداف علي الصور الجوية إبصارا مجسما بحيث نراها بشكلها الحقيقي وبأبعادها الثلاثية؟ نعم يمكن تحقيق ذلك لكن بعدة شروط تسمي شروط الإبصار المجسم وهي:

١. أن يتوافر صورتين جويتين لنفس المنطقة ملتقطتين من نفس الارتفاع وفي نفس اللحظة تقريبا.
٢. أن نضع الصورتين أمام عيني المستخدم بنفس ترتيب التقاطهم (أي نضع الصورة اليمني أمام العين اليمني و الصورة اليسري أمام العين اليسري).

٣. أن تنظر العين اليمني الي الصورة اليمني فقط (لا تري الصورة اليسري) وأيضا أن تنظر العين اليسري الي الصورة اليسري فقط.
٤. أن تكون قدرة أو قوة الرؤية لكلتا العينين متساوية أو متقاربة.

لنقم بعمل تجربة عملية بسيطة لتطبيق شروط الإبصار المجسم. ماذا تري في الشكل التالي؟ مجرد صورة مربع في الجزء "أ" و صورة مربع آخر في الجزء "ب". قم بوضع حاجز رأسي بارتفاع ١٠-٢٠ سنتيمتر (ورقة أو كتاب) علي الخط الفاصل المنقط بين الصورتين، ثم قم بوضع وجهك ملامسا لهذا الحاجز بحيث أن عينك اليمني لا تري إلا الصورة اليمني فقط وعينك اليسري لا تري إلا الصورة اليسري فقط. ركز النظر لعدة ثواني ولاحظ ما يحدث، ستجد أن الصورتين قد بدأتا في الاقتراب من بعضهما البعض (داخل مخك بالطبع) الي أن يندمجا ثم ستشعر أنك تري هرم مجسم وليس مجرد مربع. الآن أنت تستطيع رؤية الإبصار المجسم لهذا الهرم بدلا من رؤيته كمجرد مربع في الوضع العادي، وذلك بسبب أنك قمت بتحقيق الشروط الأربعة اللازمة لإتمام عملية الإبصار المجسم.

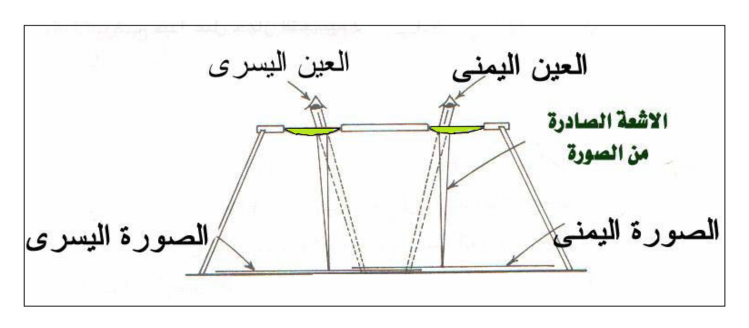


شكل (٥-٧) مثال لتطبيق شروط و خطوات الحصول علي الإبصار المجسم

٥-٣-٢ أجهزة و طرق الإبصار المجسم من الصور الجوية

(أ) أجهزة الاستريسكوب

أجهزة الاستريسكوب هي أجهزة مخصصة لعملية الإبصار المجسم من الصور. تعتمد الفكرة العامة لأجهزة الاستريسكوب علي وجود عدستين كل واحدة مخصصة لأحدي عيني المستخدم بحيث توضع الصورتين تحت العدستين ويقوم المستخدم بملاصقة عينه اليمني علي العدسة اليمني وملاصقة عينه اليسري علي العدسة اليسري حتى يستطيع الحصول علي الإبصار المجسم للصور.



شكل (٥-٨) مفهوم عمل أجهزة الاستريسكوب

يوجد نوعين أساسين من أجهزة الاستريسكوب وهما استريسكوب الصور الصغيرة و استريسكوب الصور الكبيرة.

استريسكوب الصور الصغيرة:

يعد هذا النوع هو الأبسط و الأرخص من أنواع أجهزة الاستريسكوب للحصول علي الإبصار المجسم، ويتكون من عدستين صغيرتين مثبتتين في إطار معدني خفيف. ولحجمه البسيط فيطلق علي هذا النوع اسم الاستريسكوب الجيبي حيث أنه يمكن وضعه في الجيب. ومن عيوبه أن عدساته بسيطة وذات قوة تكبير ليست عالية (تكبير بقوة ضعفين أو ثلاثة أضعاف بحد أقصي) ، كما أنه وبسبب حجمه فلا يصلح إلا للتعامل مع الصور الصغيرة فقط ولذلك فهو لا يستخدم إلا للتدريب، كما انه لا يصلح للقياسات الدقيقة من الصور.



شكل (٥-٩) الاستريسكوب الجيبي

استريسكوب الصور الكبيرة:

تعتمد فكرة عمل هذه النوعية من أجهزة الاستريسكوب علي تكبير المسافة بين الأهداف المتناظرة علي الصورتين لتتناسب مع المسافة بين عيني المستخدم، وذلك عن طريق استخدام مجموعة من المرايا أو المناشير، وبالتالي فيمكن استخدام صور كبيرة للحصول منها علي الإبصار المجسم. كما تشتمل هذه النوعية أيضا من الأجهزة علي عدسات مكبرة تجعل المستخدم يري أدق تفاصيل الصور الجوية الكبيرة. لكن هذا النوع من الأجهزة أغلي سعرا من أجهزة الاستريسكوب الجيبي.



شكل (٥-١٠) استريسكوب الصور الكبيرة

تنقسم أجهزة استريسكوب الصور الكبيرة الي نوعين: الاستريسكوب ذو المرايا و الاستريسكوب الزووم. في النوع الأول يتم وضع مرآتان خارجيتان في هيكل الجهاز وأيضا مرآتان صغيرتان داخليتان بهدف تكبير المسافات بين الصورتين و زيادة مجال الرؤية مما يسمح بالتعامل مع الصور الجوية الكبيرة وبقوة تكبير عالية. كما يضاف أيضا للجهاز منظار ذا قوة تكبير عالية (تصل الي ٨ أضعاف) ليسمح للمستخدم بتكبير تفاصيل معالم الصور الجوية. أما الاستريسكوب الزووم فيعد أكثر تقدما من الاستريسكوب ذو المرايا حيث أنه لديه إمكانية التحرك - في الاتجاهين - علي المنضدة الموضوع عليها الصورتين وذلك بدلا من تحريك الصورتين في الاستريسكوب ذو المرايا، مما يجعل استخدامه أسهل وأسرع. أيضا فأن قوة التكبير في أجهزة الاستريسكوب الزووم قد تصل الي خمسة عشر ضعفا مما يسمح بروية دقيقة لمعالم الصور الجوية.

(ب) طرق أخري للإبصار المجسم

توجد طرق أخري للحصول علي الإبصار المجسم من الصور الجوية ومنها طريقة الألوان المتكاملة (أو الأناجليف). في هذه الطريقة يتم طباعة كل صورة جوية بلون متكامل مع لون الصورة الثانية (لونين مجموعهما يعطي اللون الأسود)، كأن يتم طباعة الصورة الأولي باللون الأحمر و الصورة الثانية باللون الأزرق. ولتطبيق شرط الإبصار المجسم - الذي يتطلب ألا تري عيني الراصد إلا الصورة المقابلة لها فقط - يتم استخدام نظارة لها عدسة حمراء و الأخرى زرقاء. فعندما تكون الصورة الحمراء أمام العين التي تضع العدسة الحمراء فأن هذه العدسة لا تسمح إلا بمرور الأشعة الحمراء فقط وبالتالي فأن هذه العين لن تري الأشعة الزرقاء القادمة من الصورة الثانية، ونفس الوضع سيتكرر مع العدسة الزرقاء التي لن تسمح إلا بمرور الأشعة الزرقاء القادمة من الصورة الثانية الي العين الثانية للمستخدم وبالتالي فأن كل عين لن تري إلا صورة واحدة فقط من الصورتين مما سينتج عته إبصارا مجسما في مخ المستخدم.



شكل (٥-١١) طريقة الألوان المتكاملة (الأناجليف)

يمكن أيضا استخدام طريقة الألوان المتكاملة مع أجهزة الحاسوب حيث يتصل بالجهاز شاشتين ويتم عرض كل صورة من الصورتين الجويتين علي شاشة ويرتدي المستخدم النظارة المخصصة بحيث تكون عدستها الحمراء مقابلة للشاشة التي تعرض الصورة الحمراء وعدستها الزرقاء مقابلة للشاشة التي تعرض الصورة الزرقاء. حديثا يتم استخدام أجهزة حاسوب خاصة لتطبيقات القياس من الصور الجوية تسمي محطات العمل ذات الشاشتين، وهي أجهزة ذات تقنية عالية ولها برامج متخصصة تسمح بعرض الصور المتتالية في نفس المكان بسرعة فائقة جدا مما يسمح للمستخدم رؤية الصورتين لنفس المنطقة بطريقة مستمرة فينتج عنها إبصارا مجسما.

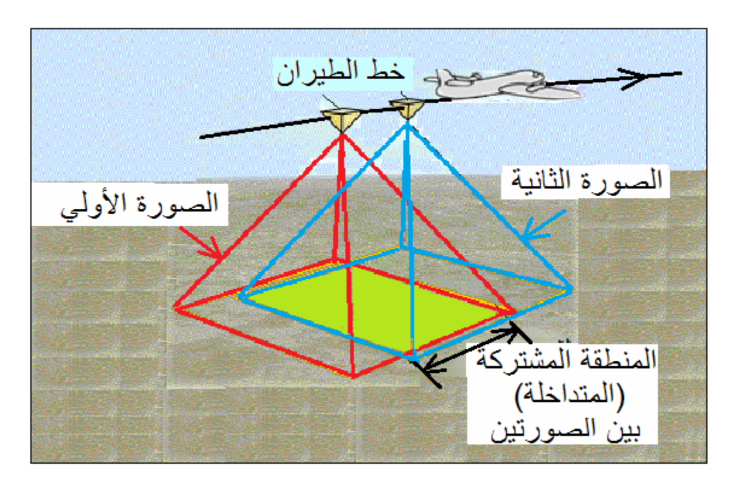


شكل (٥-١٢) محطات العمل الرقمية ذات الشاشتين

٥-٤ التداخل بين الصور الجوية

من أهم شروط الإبصار المجسم الحصول علي صورتين لنفس المنطقة ملتقطتين في نفس الوقت تقريبا (كما في الصورتين اللتين تتكونان من كلتا عيني الإنسان)، فكيف سيتم ذلك في الصور الجوية الملتقطة من الطائرة؟. تطير الطائرة بسرعة لا تسمح بالتقاط صورتين متتاليتين لنفس المنطقة الجغرافية، لكن إن استطعنا التحكم في عملية التقاط الصور بسرعة تتناسب مع سرعة الطائرة فستوجد منطقة مشتركة بين كل صورتين متتاليتين، أي أن نفس هذه المنطقة ستظهر في الصورة الأولي و ستظهر أيضا في الصورة الثانية. وهذا المبدأ هو ما يسمي بمبدأ التداخل بين الصور الجوية.

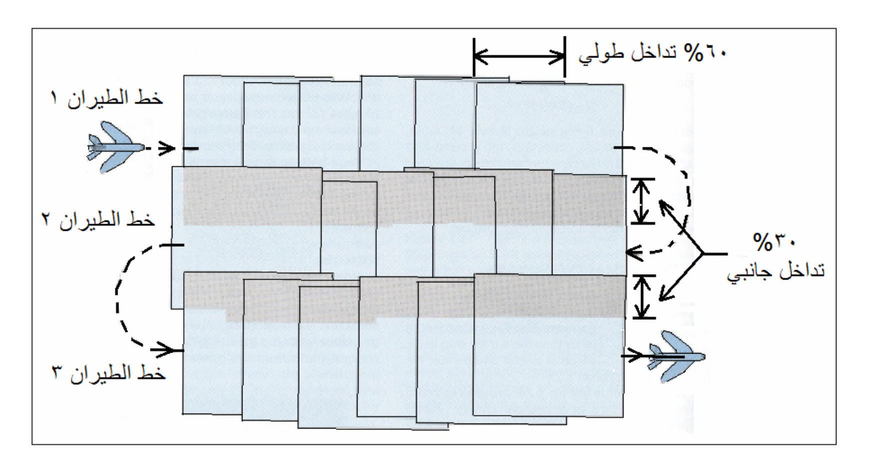
يوجد نوعين من أنواع التداخل بين الصور الجوية: (١) التداخل الطولي و (٢) التداخل الجانبي. التداخل الطولي هو وجود منطقة مشتركة بين كل صورتين متتاليتين في نفس خط الطيران. وغالبا تبلغ نسبة التداخل الطولي بين كل صورتين متتاليتين ٦٠% من مساحة المنطقة، أي أن ٦٠% من مساحة المنطقة الظاهرة في الصورة الأولي ستظهر أيضا في الصورة الثانية، وبالمثل فأن ٦٠% من مساحة المنطقة الظاهرة في الصورة الثانية ستظهر أيضا في الصورة الثالثة، .... وهكذا.



شكل (٥-١٣) التداخل الطولي

التداخل الطولي هو الذي يحقق شروط الحصول علي الإبصار المجسم من الصور الجوية، وبالتالي فهو أساس من أساسيات القياسات الدقيقة بهدف إنتاج الخرائط من الصور الجوية. فالمنطقة المشتركة بين الصورتين المتتاليتين هي التي تحقق شروط الإبصار المجسم وهي التي يتم استخدامها في عمل القياسات الدقيقة لخصائص المعالم الجغرافية. أما في حالة التصوير الجوي بهدف تفسير المعالم الجغرافية (والذي لا يتطلب قياسات دقيقة من الصور) فالتداخل ليس شرطا أساسيا في مثل هذه المشروعات، لكن إذا تحقق تداخل بسيط (٢٠-٣٠%) فسيكون مفيدا عند عمل الموزايك أو الفسيفساء. كما يفيد التداخل أيضا في إمكانية الاستغناء عن أية صور بها عيوب (مثل ضعف الإضاءة أو شدة الميل) دون الحاجة لإعادة التصوير مرة أخري، حيث سيظهر هذا الجزء من سطح الأرض في عدة صور أخري.

في حالة كون المنطقة المراد تصويرها لا تظهر كاملة في خط طيران واحد فيتم تنفيذ عدد من خطوط الطيران المتتالية لتصوير كامل هذه المنطقة. ولترتيب الصور بين خطوط الطيران المختلفة نلجأ الي النوع الثاني من أنواع التداخل وهو التداخل الجانبي. التداخل الجانبي هو توافر منطقة مشتركة بين كل خطي طيران متتاليين، وتبلغ نسبة التداخل الجانبي في الغالب ٣٠%.

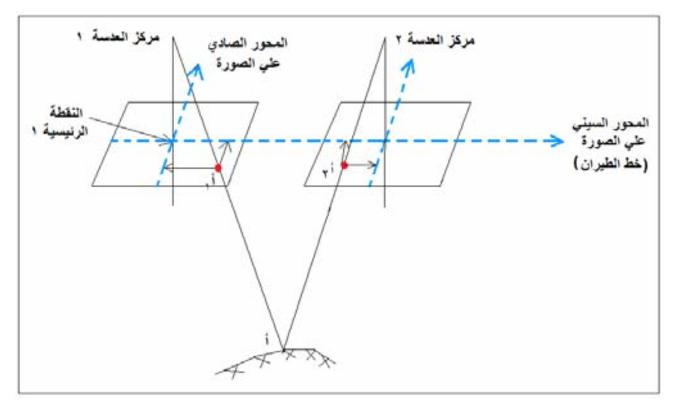


شكل (٥-١٤) التداخل الجانبي

٥-٥ الابتعاد وقياس الارتفاعات من الصور الجوية

٥-٥-١ مفهوم الابتعاد

الابتعاد (أو الابتعاد الاستريسكوبي أو الابتعاد المطلق أو البارالاكس) هو اختلاف المواضع النسبية للنقاط علي الصور الجوية المتتالية نتيجة اختلاف موضع التصوير. ولنأخذ مثلا لنقطة ظهرت في الصورة الجوية الأولي عند إحداثيات (٥،-٤) علي سبيل المثال، ونتيجة حركة الكاميرا الموجودة في الطائرة فأنها ستقطع مسافة معينة في خط الطيران قبل أن تلتقط الصورة الثانية والتي فيها سيتغير موضع هذه النقطة لتظهر عند إحداثيات (-٣،-٤) علي سبيل المثال. لاحظ أن المحور السيني في نظام إحداثيات الصور الجوية يكون في اتجاه خط الطيران (أرجع للشكل ٤-٣). ويحدث الابتعاد في المحور السيني (اتجاه خط الطيران) فتتغير قيمة الإحداثي السيني للنقطة من الصور الأولي الي الصورة الثانية نتيجة للابتعاد و تغير موضع التصوير نفسه بين الصورتين.



شكل (٥-١٥) الابتعاد علي الصور الجوية

يعد الابتعاد من أساسيات الحصول علي الإبصار المجسم وبالتالي فهو مفيد جدا في إجراء القياسات الدقيقة من الصور الجوية. كما أن قيمة الابتعاد تتناسب طرديا مع منسوب النقطة، فكلما زاد منسوب النقطة (ارتفاعها غن مستوي سطح البحر) كلما زاد ابتعادها علي الصور الجوية المتتالية والعكس صحيح.

<u>٥-٥-٢ حساب الابتعاد</u>

توجد عدة طرق لحساب قيمة الابتعاد للأهداف الظاهرة علي الصور الجوية، إلا أن أبسط هذه الطرق لحساب قيمة الابتعاد (أو الابتعاد المطلق) لأي نقطة يتم من خلال مقارنة قيم الإحداثي السيني لهذه النقطة علي الصورتين المتتاليتين، فالابتعاد ما هو إلا الفرق أو التغير في موقع النقطة علي كلتا الصورتين:

الابتعاد = الإحداثي السيني علي الصورة الأولي - الإحداثي السيني علي الصورة الثانية

<u>مثال:</u>

قيس الإحداثي السيني للهدف "أ" علي الصورة اليسري فبلغ -٦.٧ ملليمتر، بينما ظهر هذا الهدف علي الصورة اليمني عند الإحداثي السيني البالغ -٢٨.٢ ملليمتر. أحسب قيمة الابتعاد لهذا الهدف؟

الابتعاد = الإحداثي السيني علي الصورة الأولي - الإحداثي السيني علي الصورة الثانية

= (- ٦.٧) - (-٢٨.٢) = + ٢١.٥ ملليمتر.

<u>٥-٥-٣ قياس الابتعاد على الصور الجوية</u>

يعد قياس فرق الابتعاد بين نقطتين أسهل و أسرع من قياس الابتعاد المطلق لكل نقطة منهما علي حدي. عمليا فأنه إذا توافرت نقطة معلومة الابتعاد (أي تم قياس الابتعاد المطلق لها) وأمكن قياس فرق الابتعاد بين هذه النقطة و نقطة أخري فيمكن حساب الابتعاد للنقطة الثانية، وهكذا فأن قياس فرق الابتعاد يمكننا من حساب قيم الابتعاد المطلق لكل النقاط في منطقة التداخل بصورة سريعة. وهذا المبدأ هو الذي تم تطبيقه لتطوير جهاز يستخدم في قياس الابتعاد علي الصور الجوية وهو ما أطلق عليه اسم "ذراع الابتعاد" أو الاستريوميتر، ويستخدم مع

أجهزة الاستريسكوب. وتتكون الخطوات العملية لقياس فرق الابتعاد من مرحلتين: (أ) الحصول علي الإبصار المجسم من الصورتين تحت جهاز الاستريسكوب، (ب) قياس فرق الابتعاد.

(أ) خطوات الإبصار المجسم تحت جهاز الاستريسكوب:

١. نحدد ترتيب الصورتين من خلال رقم كل صورة (المطبوع عليها)، فالصورة ذات الرقم الأقل تصبح هي الصورة اليسري.

٢. نرتب اتجاه الصورتين بحيث تصبح منطقة التداخل (المنطقة المشتركة بينهما) متجاورة في كل صورة.

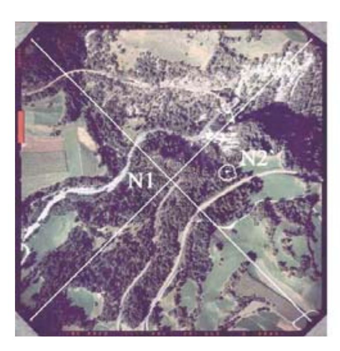
٣. في كل صورة نقوم برسم خطوط تصل بين علامات إطار الصورة المتقابلة فيكون تقاطع الخطين علي الصورة هو نقطة مركز الصورة، ولنسمي مثلا مركز الصورة اليسري N1 ومركز الصورة اليمني N2.





٤. بالنظر يمكن تحديد موضع مركز الصورة اليمني الظاهر في الصورة اليسري ونضع حوله دائرة صغيرة (ولنسميه مثلا 'N2) وأيضا مركز الصورة اليسري الظاهر في الصورة اليمني (ولنسميه مثلا 'N1).

٥. نضع الصورتين تحت جهاز الاستريسكوب (بترتيبهما الصحيح) ونثبت الصورة اليسري، ثم نبدأ بتحريك الصورة اليمني شيئا فشيئا حتى نري مركز الصورة اليسري الظاهر في الصورة اليمني ('N1) ونستمر في تحريك الصورة اليمني ببطء حتى نحصل علي أوضح منظر مجسم لهذه المنطقة وعندئذ نحدد المكان الدقيق لمركز الصورة اليسري الظاهر علي الصورة اليمني (يكون داخل الدائرة التقريبية التي حصلنا عليها من الخطوة السابقة)، ونكرر نفس الخطوة لكي نحدد المركز الدقيق للصورة اليمني الظاهر علي الصورة اليسري.





٦. نقيس المسافة بين مركزي الصورتين مرة علي الصورة اليسري و مرة علي الصورة اليمني (المسافة بين النقطتين N1 و 'N2 علي الصورة اليسري و المسافة بين النقطتين N2 و 'N1 علي الصورة اليمني) ونحسب المتوسط فتكون هذه المسافة المعروفة باسم خط القاعدة الجوية:

٧. خط القاعدة الجوية = (المسافة 'N1 N2 + المسافة بين 'N2 N1) ÷ ٢

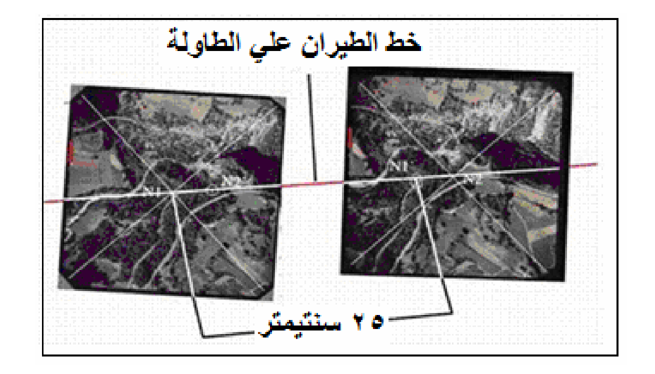
٨. نرسم خط الطيران علي الصورة اليسري وهو الخط الذي يصل بين مركز الصورة اليسري N1 ومركز الصورة اليمني الظاهر علي الصورة اليسري 'N2 ونمد هذا الخط في كلا الاتجاهين حتى حدود الصورة.

٩. نرسم خط الطيران علي الصورة اليمني وهو الخط الذي يصل بين مركز الصورة اليمني N2 ومركز الصورة اليسري الظاهر علي الصورة اليمني 'N1 ونمد هذا الخط في كلا الاتجاهين حتى حدود الصورة.

١٠. نضع الصورة اليسري تحت جهاز الاستريسكوب و نثبتها بحيث يكون خط الطيران بها منطبقا مع خط مستقيم مرسوم علي طاولة الجهاز.

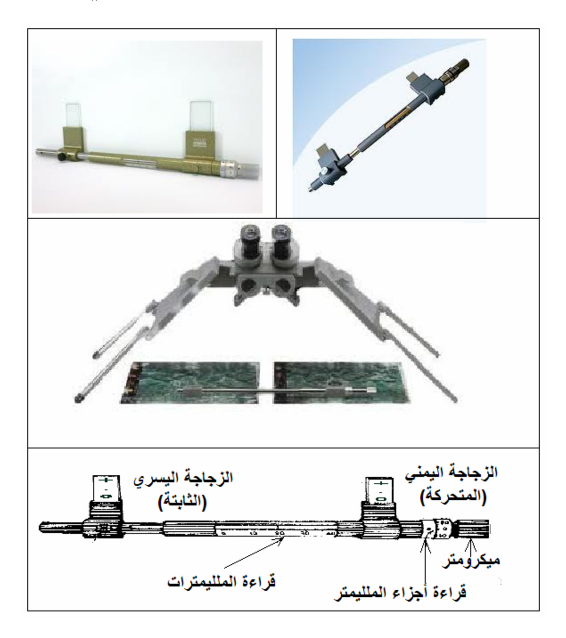
١١. نضع الاستريسكوب بحيث ينطبق محوره مع الخط المستقيم المرسوم علي الطاولة والمنطبق مع خط طيران الصورة اليسري.

١٢. نضع الصورة اليمني بحيث ينطبق خط الطيران المرسوم عليها مع الخط المستقيم المرسوم علي الطاولة. وكبداية يمكننا وضع الصورة اليمني بحيث تكون المسافة بين نقطة 'N1 علي الصورة اليمني ونقطة N1 علي الصورة اليسري في حدود ٢٥ سنتيمتر،ثم نبدأ في تحريكها ببطء ونحن ننظر داخل الاستريسكوب حتى نحصل علي أفضل إبصار مجسم واضح تماما.



(ب) خطوات قياس فرق الابتعاد:

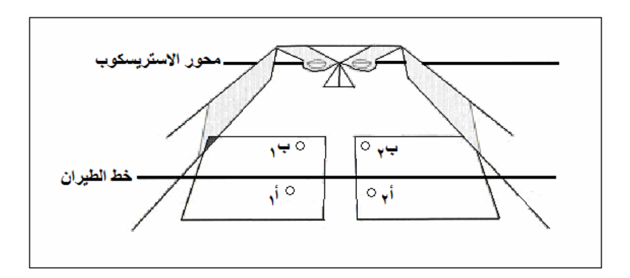
يتكون ذراع الابتعاد من ذراع معدني مثبت علي طرفيه علامتين زجاجيتين مرسوما علي كلا منهما ثلاث علامات (دائرة و نقطة و علامة +). تكون الزجاجة اليسري ثابتة بينما الزجاجة اليمني يمكن تحريكها من خلال الميكرومتر الموجود في طرف الذراع.



شكل (٥-١٦) ذراع قياس الابتعاد علي الصور الجوية

١. نضع ذراع الابتعاد تحت الاستريسكوب ونختار علامة محددة (علي كلتا الزجاجتين) للعمل بها بحيث يكون الخط الواصل بين العلامتين موازيا لمحور الاستريسكوب ذاته وبالتالي موازيا لخط الطيران المرسوم علي كلتا الصورتين.
٢. نضع الزجاجة اليسري بحيث تكون العلامة بها أعلي النقطة الأولي (المطلوب قياس الابتعاد عندها) علي الصورة اليسري (نقطة أ١)، ثم نبدأ في تحريك الزجاجة اليمني من خلال الميكرومتر حتى تقع العلامة في الزجاجة اليمني علي صورة نفس الهدف علي

الصورة اليمني (نقطة أ٢)، وعندئذ سنري كما لو كانت العلامة علي الصورة اليمني تتحرك لكي تنطبق مع العلامة علي الصورة اليسري كما في حالة الإبصار المجسم.



٣. نسجل قراءة ذراع الابتعاد - ولتكن مثلا ق١ - من خلال قراءة الأعداد الصحيحة للمليمترات (من التدريج في منتصف الذراع) وأيضا أجزاء المليمتر (من البكرتين عند طرف الذراع فالبكرة الأولي تقرأ ٠.١ من المليمتر و الثانية تقرأ ٠.٠١ من المليمتر).

٤. نكرر الخطوتين السابقتين للنقطة الثانية المطلوب قياس الابتعاد عندها (نقطة ب)، ولتكن قراءة ذراع الابتعاد عند النقطة الثانية ق٢ مثلا.

٥. نحسب فرق الابتعاد بين النقطتين بطرح قيمة قراءة ذراع الابتعاد عند النقطة الثانية من قيمة قراءة ذراع الابتعاد عند النقطة الأولي:

٦. فرق الابتعاد = ق٢ - ق١

٧. إذا عرفنا قيمة الابتعاد المطلق عند النقطة الأولي يمكن حساب قيمة الابتعاد عند النقطة الثانية:

٨. الابتعاد عند النقطة الثانية = الابتعاد عند النقطة الأولي + فرق الابتعاد

<u>مثال:</u>

باستخدام ذراع الابتعاد عند الهدف الأول فكانت قراءة الذراع ٨.٧٥ ملليمتر بينما كانت قراءة الذراع عند الهدف الثاني ١٢.٢ ملليمتر، فإذا كان الابتعاد عند الهدف الثاني يساوي ٧٢.١ ملليمتر فأحسب قيمة الابتعاد عند الهدف الأول؟

فرق الابتعاد = فرق قراءة ذراع الابتعاد = ق٢ - ق١

= ٨.٧٥ - ١٢.٣ = - ٣.٥٥ ملليمتر

الابتعاد عند النقطة الأولي = الابتعاد عند النقطة الثانية + فرق الابتعاد

= ٧٢.١ + (- ٣.٥٥) = ٦٨.٥٥ ملليمتر

٥-٥-٤ الاستفادة من قيمة الابتعاد

يستخدم الابتعاد في حساب عدد من القياسات التي يمكن استنباطها من الصور الجوية والتي تكون أساسية في رسم الخرائط، فالابتعاد يستخدم في حساب الإحداثيات الأرضية لجميع المعالم المكانية الظاهرة في منطقة التداخل بين الصورتين وأيضا في حساب مناسيب هذه المعالم بالإضافة لقياس ارتفاع الأبراج و المنشئات الرأسية.

(أ) حساب المناسيب:

يمكن حساب منسوب أي نقطة من خلال قياس الابتعاد عندها ومعرفة قيمة كلا من خط القاعدة الجوية (المسافة الأرضية الحقيقية بين مركزي الصورتين) و ارتفاع الطيران و البعد البؤري للكاميرا المستخدمة كالتالي:

منسوب النقطة = ارتفاع الطيران - (خط القاعدة الجوية × البعد البؤري ÷ ابتعاد النقطة)

(ب) حساب الإحداثيات الأرضية:

يمكن حساب الإحداثيات الأرضية لأي نقطة (منسوبة الي نقطة النظير) بمعرفة قيمة الابتعاد عند هذه النقطة بالإضافة الي إحداثيات هذه النقطة علي الصورة الجوية وقيمة خط القاعدة الجوية كالتالي:

الإحداثي السيني الأرضي = الإحداثي السيني علي الصورة × خط القاعدة الجوية ÷ الابتعاد

الإحداثي الصادي الأرضي = الإحداثي الصادي علي الصورة × خط القاعدة الجوية ÷ الابتعاد

مثال:

قيست المسافة الأرضية بين محطتي التقاط صورتين جويتين متتاليتين فوجدت ٥٥٢ متر، وكان ارتفاع الطيران فوق مستوي سطح البحر ٣٠٠٠ متر والبعد البؤري للكاميرا المستخدمة ٣٠ سنتيمتر. قيست إحداثيات النقطة أ علي الصورة الأولي فكانت س = ٨٨ ملليمتر ، ص = ٤٠.٨ ملليمتر، وعلي الصورة الثانية كانت س = ٣١.٨ ملليمتر. أحسب إحداثيات نقطة أ بالنسبة لنقطة النظير في الصورة الأولي وكذلك منسوب أ فوق مستوي سطح البحر؟

الابتعاد عند أ = س١ - س٢

= ٨٨ - ٣١.٨ = ٥٦.٢ ملليمتر

الإحداثي السيني الأرضي = الإحداثي السيني علي الصورة × خط القاعدة الجوية ÷ الابتعاد

= ٨٨ ملليمتر × ٥٥٢ متر ÷ ٥٦.٢ ملليمتر

= ٨٦٤.٣ متر

الإحداثي الصادي الأرضي = الإحداثي الصادي علي الصورة × خط القاعدة الجوية ÷ الابتعاد

= ٤٠.٨ ملليمتر × ٥٥٢ متر ÷ ٥٦.٢ ملليمتر

= ٤٠٠.٧ متر

منسوب النقطة = ارتفاع الطيران - (خط القاعدة الجوية × البعد البؤري ÷ ابتعاد النقطة)

= ٣٠٠٠ متر - (٥٥٢ متر × ٣٠ سنتيمتر ÷ ٥٦.٢ ملليمتر)

= ٣٠٠٠ متر - (٥٥٢ متر × ٠.٣٠ متر ÷ ٠.٠٥٦٢ متر)

= ٥٣.٣٨ متر

(ج) حساب الارتفاعات:

يمكن حساب ارتفاع المنشئات الرأسية (مثل الأبراج) من خلال قياس الابتعاد بين قمة و قاع المنشأ وقياس خط القاعدة الجوية علي الصورتين و معرفة قيمة كلا ارتفاع الطيران و البعد البؤري للكاميرا المستخدمة كالتالي:

فرق الارتفاع بين قمة و قاع هدف = فرق الابتعاد × ارتفاع الطيران ÷ خط القاعدة الجوية علي الصورة

مثال:

تم قياس فرق الابتعاد بين قمة و قاع برج ماء فكان ٢ ملليمتر وكان متوسط طول خط القاعدة الجوية علي الصورتين ١١٢ ملليمتر و ارتفاع الطيران فوق منسوب سطح البحر ٣٥٠٠ متر، أحسب ارتفاع هذا البرج؟

ارتفاع البرج = فرق الابتعاد بين القمة و القاع × ارتفاع الطيران ÷ خط القاعدة الجوية علي الصورة

= ٢ ملليمتر × ٢٥٠٠ متر ÷ ١١٢ ملليمتر

= ٤٤.٦ متر

٥-٦ تصميم خطة الطيران والتصوير الجوي

يتكون تصميم خط الطيران و التصوير الجوي من تحديد عدة عناصر مثل تحديد عدد خطوط الطيران و تحديد ارتفاع الطيران و تحديد الفترة الزمنية بين التقاط كل صورتين متتاليتين وعناصر أخري كثيرة. إلا أن تحديد الهدف من مشروع التصوير الجوي هو أهم العناصر المؤثرة في تصميم خطة الطيران و التصوير. فكما سبق الذكر أن التصوير الجوي وبصفة عامة إما أن يهدف الي إنتاج و تحديث الخرائط أو أن يهدف الي الحصول علي معلومات عن المعالم الجغرافية من تفسير الصور الجوية. ولكل هدف منهما متطلبات خاصة في الصور الجوية وعناصر محددة في خطة الطيران و طبيعة التصوير الجوي ذاته. فعلي سبيل المثال فأن إنتاج الخرائط وعمل القياسات الدقيقة من الصور الجوية يتطلب الحصول علي الإبصار المجسم مما يعني أنه لا بد من وجود ٦٠% تداخل طولي بين كل صورتين متتاليتين مما يتطلب تحديد فترة زمنية معينة بين التقاط كل صورتين متتاليتين. وعلي الجانب الآخر فان كان هدف مشروع التصوير الجوي هو تفسير الصور فالتداخل هنا ليس شرطا أساسيا أو علي الأقل ليس من الضروري الالتزام بقيمة ٦٠% من التداخل الطولي.

تشمل عناصر تصميم خطة الطيران النقاط الرئيسية التالية:

(١) تحديد مقياس الرسم المتوسط للصور:

يعتمد تحديد مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية المطلوبة بهدف إنتاج الخرائط علي قيمة مقياس رسم الخرائط المطلوب إنتاجها. إن كان الهدف من التصوير هو إنتاج الخرائط التفصيلية فأن الصور الجوية تتطلب درجة تمييز عالية بين المعالم الجغرافية أي أن التصوير يجب أن يتم بمقاييس رسم كبيرة (مثلا ١ : ٥٠٠٠). بينما إن كانت الخرائط المطلوب إنتاجها خرائط جيولوجية أو خرائط تربة علي سبيل المثال فهي لا تتطلب الدقة العالية ومن ثم يمكن التصوير بمقاييس رسم صغيرة (مثلا ١ : ١٠٠،٠٠٠). وبصفة عامة فأن مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية يكون أصغر من مقياس رسم الخريطة المطلوبة بحدود ٣-٥ مرات.

(٢) تحديد نوع الكاميرا:

يعتمد نوع الكاميرا المستخدمة في التصوير الجوي علي البعد البؤري لها بالإضافة الي مجال الرؤية لها. وكما سبق الذكر في الفصل السابق فأن البعد البؤري للكاميرا مؤثر ويدخل في حساب كلا من ارتفاع الطيران و مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية.

(٣) تحديد ارتفاع الطيران:

بمعرفة كلا من البعد البؤري للكاميرا المستخدمة و متوسط منسوب المنطقة الجغرافية المراد تصويرها يمكن حساب قيمة ارتفاع الطيران المطلوب (كما سبق الشرح في الجزء ٤-٣ من الفصل السابق). وبصفة عامة فكلما كان مقياس الرسم المطلوب كبيرا كلما انخفض ارتفاع الطيران اللازم، والعكس صحيح.

مثال:

أحسب ارتفاع الطيران المطلوب للحصول علي صور جوية بمقياس رسم متوسط ١ : ٤٠٠٠ إذا علمت أن الكاميرا المستخدمة لها بعد بؤري يبلغ ١٥٠ ملليمتر و أن المنسوب المتوسط لمنطقة التصوير يبلغ ٣٠٠ متر؟

$$\text{مقياس الرسم المتوسط للصور} = \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{ارتفاع الطيران} - \text{المنسوب المتوسط}}$$

أي أن:

$$\text{ارتفاع الطيران} = \text{المنسوب المتوسط} + \frac{\text{البعد البؤري للكاميرا}}{\text{مقياس الرسم المتوسط للصور}}$$

$$= \text{٣٠٠ متر} + \frac{\text{١٥٠ ملليمتر}}{\frac{١}{٤٠٠٠}}$$

$$= \text{٣٠٠ متر} + \frac{\text{١٥٠ ÷ ١٠٠٠ متر}}{٠,٠٠٠٢٥}$$

$$= \text{٣٠٠ متر} + \text{٦٠٠ متر}$$

$$= \text{٩٠٠ متر}$$

الجدول التالي يقدم أمثلة للعلاقات بين ارتفاع الطيران و مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية ومقياس الرسم المطلوب لإنتاج الخرائط بفرض أن التصوير سيتم بكاميرا ذات بعد بؤري ١٥٣ ملليمتر:

ارتفاع الطيران (متر)	مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية	مقياس رسم الخريطة المطلوبة
٣٥٠	١ : ٢٠٠٠	١ : ٥٠٠
٧٥٠	١ : ٥٠٠٠	١ : ١٢٥٠
١٥٠٠	١ : ١٠،٠٠٠	١ : ٢٥٠٠
٣٠٠٠	١ : ٢٠،٠٠٠	١ : ٥٠٠٠
٦٠٠٠	١ : ٤٠،٠٠٠	١ : ١٠،٠٠٠
١٥٠٠٠	١ : ١٠٠،٠٠٠	١ : ٢٥،٠٠٠

ونلاحظ انه كلما زاد ارتفاع الطائرة كلما صفر مقياس رسم الصورة وبالتالي كلما زادت مساحة الأرض المغطاة بها. ومن الناحية التقنية فانه كلما زاد ارتفاع الطائرة كلما كانت طبقات الهواء أكثر استقرارا وقل بذلك اهتزاز الطائرة وكانت إمكانية الطيران في خطوط مستقيمة أكثر تحكما. وغالبا يتم التصوير الجوي من ارتفاعات لا تقل عن ١.٥ كيلومترا و لا تزيد عن ١٥ كيلومترا.

(٤) تحديد اتجاه خطوط الطيران:

في حالة كون المنطقة المراد تصويرها لا يمكن تغطيتها بخط طيران واحد فيتطلب التصوير عدد من خطوط الطيران المتوازية. يعتمد تحديد اتجاه خطوط الطيران علي: (١)اتجاه تضاريس المنطقة الجغرافية، فالأفضل أن يتم التصوير موازيا لاتجاه تضاريس الأرض، (٢) اتجاه سرعة الرياح في وقت التصوير حيث يتم اختيار الاتجاه الأكثر استقرارا لحركة الطائرة. أما في حالة عدم وجود رياح مؤثرة وكون تضاريس الأرض لا تتغير بصورة كبيرة فيتم اختيار خط الطيران في اتجاه الضلع الأطول للمنطقة بحيث يتم تقليل عدد خطوط الطيران المطلوبة لتغطية كامل المنطقة الجغرافية.

(٥) تحديد قيمة التداخل:

كما أشرنا من قبل فأن التداخل الطولي بنسبة ٦٠% و التداخل الجانبي بنسبة ٣٠% يكونان ضروريان للتصوير الجوي الذي يهدف الي إنتاج الخرائط و القياسات الدقيقة. أما لمشروعات التصوير الجوي الهادفة لتفسير الصور الجوية فقد تقل هذه النسب الي النصف أو

أقل، حيث أن التداخل بين الصور الجوية في مثل هذه المشروعات يهدف فقط لوجود منطقة تداخل بسيطة بين كل صورتين متتاليتين لإتمام عملية تكوين الموزايك.

(٦) تحديد الفترة الزمنية بين كل صورتين:

يعتمد حساب الفترة الزمنية بين التقاط كل صورتين متتاليتين علي مقياس الرسم المتوسط المطلوب للصور الجوية و علي أبعاد الصور الجوية ذاتها و سرعة الطيران وأيضا علي إن كان التداخل الطولي مطلوبا أم لا.

مثال ١:

أحسب الفترة الزمنية اللازمة لالتقاط كل صورتين متتاليتين إن كان مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية ١ : ١٠،٠٠٠ وكانت أبعاد الصورة ٢٣×٢٣ سنتيمتر وسرعة الطائرة ٢٤٠ كيلومتر/ساعة علما بأن التداخل الطولي ليس مطلوبا؟

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

= ٢٣ سنتمتر × ١٠،٠٠٠

= ٢٣٠٠٠٠ سنتيمتر

= ٢٣٠٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ كيلومتر

= ٢.٣ كيلومتر

واحتياطيا نعتبر هذه المسافة ٢ كيلومتر حتى نضمن أن كل صورة تغطي المنطقة بالكامل.

الفترة الزمنية = المسافة علي الأرض بين كل صورتين ÷ سرعة الطائرة

= ٢ كيلومتر ÷ ٢٤٠ كم/ساعة

= ٠.٠٠٨٣٣ ساعة

= ٠.٠٠٨٣٣ × ٦٠ × ٦٠ ثانية = ٣٠ ثانية

أي أنه سيتم التقاط صورة جوية كل ٣٠ ثانية في كل خط من خطوط الطيران.

مثال ٢:

في المثال السابق أحسب الفترة الزمنية اللازمة لالتقاط كل صورتين متتاليتين في حالة أن التداخل الطولي مطلوبا بنسبة ٦٠%؟

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

= ٢٣ سنتمتر × ١٠،٠٠٠

= ٢٣٠٠٠٠ سنتيمتر

= ٢٣٠٠٠٠ ÷ ١٠٠،٠٠٠ كيلومتر

= ٢.٣ كيلومتر

وحيث أن التداخل الطولي مطلوبا بنسبة ٦٠% فأن المسافة بين كل نقطتي تصوير ستكون ٤٠% من المسافة الأرضية السابقة:

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الطولي)

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = ٢.٣ كيلومتر × (١ - ٠.٦٠)

= ٢.٣ كيلومتر × ٠.٤٠

= ٠.٩٢ كيلومتر

الفترة الزمنية = المسافة علي الأرض بين كل صورتين ÷ سرعة الطائرة

= ٠.٩٢ كيلومتر ÷ ٢٤٠ كم/ساعة

= ٠.٠٠٣٨٣٣ ساعة

= ٠.٠٠٣٨٣٣ × ٦٠ × ٦٠ ثانية

= ١٣.٨ ثانية

أي أنه سيتم التقاط صورة جوية كل ١٣.٨ ثانية في كل خط من خطوط الطيران حتى يكون هناك تداخل نسبته ٦٠% بين كل صورتين متتاليتين.

<u>(٧) تحديد عدد خطوط الطيران:</u>

يعتمد عدد خطوط الطيران اللازمة لتصوير منطقة جغرافية معينة علي عرض المنطقة وأبعاد الصورة الجوية و نسبة التداخل الجانبي المطلوبة بالإضافة الي مقياس الرسم المتوسط للصور الجوية.

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

المسافة بين كل خطي طيران = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الجانبي)

عدد خطوط الطيران = (عرض المنطقة ÷ المسافة بين كل خطي طيران) + ١

مثال:

أحسب عدد خطوط الطيران اللازمة لتغطية منطقة أبعادها ٤ × ٦ كيلومترات بصور مقياس رسمها المتوسط ١ : ٣٠٠٠ علما بأن أبعاد الصورة ٢٣ × ٢٣ سنتيمتر ونسبة التداخل الجانبي المطلوب ١٠% ؟

المسافة علي الأرض بين كل صورتين = طول الصورة × مقياس رسم الصورة

= ٢٣ سنتيمتر × ٣٠٠٠

= ٦٩٠٠٠ سنتيمتر

= ٠.٦٩ كيلومتر

المسافة بين كل خطي طيران = أبعاد الصورة علي الأرض × (١ - التداخل الجانبي)

= ٠.٦٩ كيلومتر × (١ - ٠.١)

= ٠.٦٩ كيلومتر × ٠.٩

= ٠.٦٢١ كيلومتر

عدد خطوط الطيران = (عرض المنطقة ÷ المسافة بين كل خطي طيران) + ١

= (٤ كيلومتر ÷ ٠.٦٢١ كيلومتر) + ١

= ٦.٤ + ١ = ٧.٤ = ٨ خطوط طيران

(٨) تحديد عدد الصور:

يمكن حساب عدد الصور الجوية اللازمة لتصوير منطقة معينة من المعادلة:

$$\text{عدد الصور} = \frac{\text{مساحة المنطقة}}{\text{مقام مقياس الرسم}^{2} \times \text{طول الصورة} \times \text{عرض الصورة} \times (1-\text{التداخل الطولي}) \times (1-\text{التداخل الجانبي})}$$

مثال:

احسب عدد الصور اللازمة لتغطية منطقة جغرافية مساحتها ١٥٠ كيلومتر مربع بمقياس رسم ١ : ٢٠،٠٠٠ إذا علمت أن أبعاد الصورة الواحدة تبلغ ٢٠×٢٠ سنتيمتر وان التداخل الطولي المطلوب يبلغ ٦٠% والجانبي ٣٠% ؟

عدد الصور = ١٥٠ كم مربع / [(٢٠٠٠٠)^{٢} × ٢٠ سم × ٢٠ سم × (١-٠,٦) × (١-٠,٣)]

= ١٥٠×١٠٠٠×١٠٠٠ متر مربع / [(٢٠٠٠٠)^{٢} × ٠,٢ متر × ٠,٢ متر × (١-٠,٦) × (١-٠,٣)]

= ٣٣,٤٨ صورة = ٣٤ صورة

<u>(٩) تحديد الوقت المناسب للتصوير:</u>

يعتمد اختيار الوقت المناسب لعملية التصوير الجوي علي الظروف المناخية كالرياح و الأمطار والعواصف الترابية، ويجب اختيار أنسب الأوقات الملائمة لحركة الطائرة وعدم تعرضها لتقلبات مناخية تؤثر في طيرانها وميلها أثناء التصوير. وكما سبق الذكر فأن الصور الجوية المستخدمة في إنتاج الخرائط هي التي لا يزيد ميل محور التصوير فيها عن ٤ درجات. وان زاد الميل عن هذه الحدود فلا يمكن تقويم الصور المائلة الي صور رأسية وبالتالي فلن يمكن إتمام عملية الإبصار المجسم و القياس الدقيق من هذه الصور. كما أن اختيار أنسب وقت خلال اليوم لعملية التصوير يجب أن يتم بعناية شديدة حتى تظهر المعالم الجغرافية علي سطح الأرض واضحة من حيث الإضاءة وألا توجد سحب أو غيوم في السماء تؤثر علي وضوح هذه المعالم علي الصور الجوية.

<u>(١٠) وضع علامات أرضية قبل التصوير:</u>

للحصول علي الإحداثيات الحقيقية لكافة المعالم الظاهرة علي الصور الجوية يجب أن نعرف الإحداثيات الحقيقية لبعض من هذه المعالم، فكما رأينا من قبل أن حسابات الإحداثيات الأرضية من الصور الجوية تتم أولا في صورة نسبية حيث يتم حساب إحداثيات أي نقطة علي الصورة نسبة لنقطة النظير في هذه الصورة.

عند تصوير المناطق في المدن نقوم بقياس الإحداثيات الحقيقية لبعض المعالم الظاهرة علي الصورة باستخدام أجهزة و طرق المساحة الأرضية أو استخدام تقنية الرصد علي الأقمار الصناعية المعروفة باسم الجي بي أس. وتتم هذه العملية قبل أو بعد إتمام التصوير الجوي ذاته، ومن خلال برامج حاسوبية يتم مقارنة الإحداثيات الحقيقية لهذه المعالم بقيمة إحداثياتها علي الصورة الجوية ومن ثم يمكن حساب الإحداثيات الحقيقية لكافة المعالم الأخرى علي الصورة.

أما عند تصوير المناطق الزراعية و الصحراوية والتي لا يتوافر بها معالم محددة يمكن قياس إحداثياتها علي الصور فأننا نقوم قبل عملية التصوير بإنشاء علامات اصطناعية علي الأرض ونقيس إحداثياتها الحقيقية بحيث أنها تكون علامات واضحة تظهر فيما بعد علي الصور الجوية عند التصوير.



شكل (٥-١٧) علامات أرضية اصطناعية

الفصل السادس

تفسير الصور الجوية

٦-١ مقدمة

يعد تفسير الصور الجوية من التطبيقات العملية الشائعة في عدد كبير من المجالات العلمية، فالصورة الجوية تحتوي كم هائل من المعلومات عن المعالم الجغرافية للمنطقة المصورة. يستخدم تفسير الصور الجوية في المجالات التي تشمل:

- دراسة استخدامات الأراضي
- متابعة النمو العمراني
- إنتاج خرائط التربة
- إنتاج الخرائط الجيولوجية
- الموارد المائية
- التخطيط العمراني و الإقليمي
- دراسات الآثار
- الغابات
- الدراسات البيئية

تفسير الصور هو علم و فن استنباط معلومات من الصور عن الخصائص النوعية للمعالم الجغرافية علي سطح الأرض. فهو علما مبنيا علي أسس علمية كما أنه فن يعتمد علي خبرة المستخدم و قدرته علي التعرف علي الظواهر المكانية. ومع أن تفسير الصور الجوية (والمرئيات الفضائية) أصبح يتم الآن من خلال برامج حاسوبية متخصصة إلا أن دور المستخدم و قدرته علي التفسير البصري لمعالم الصور مازال مؤثرا و حيويا.

٦-٢ أهمية تفسير الصور الجوية

علم تفسير الصور الجوية ذا أهمية كبيرة في عدة تطبيقات تنموية و بيئية لما تتميز به الصور الجوية ذاتها من خصائص تشمل:

- الصور الجوية تحتوي علي كم هائل من المعلومات التي يمكن استنباطها للتعرف علي خصائص معالم سطح الأرض.
- الصور الجوية تمثل الواقع الحقيقي لجميع المعالم المكانية في لحظة التصوير.

- الصور الجوية تغطي مساحات كبيرة من سطح الأرض مما يسمح بالتعرف علي عدد كبير من المعالم و خصائصها.
- التصوير الجوي المتكرر علي فترات زمنية لنفس المنطقة الجغرافية يسمح باكتشاف و متابعة توزيع الظاهرات الجغرافية.
- الصور الجوية توضح تفاصيل المناطق التي يصعب الوصول إليها.
- الصور الجوية (والمرئيات الفضائية) لا تعترف بالحدود الإدارية و السياسية بين المناطق مما يسمح بمتابعة ظاهرة ممتدة بين عدة مناطق أو حتى عدة دول.

٦-٣ خطوات تفسير الصور الجوية

للبدء في تفسير صورة جوية يتم التركيز علي أربعة خطوات أو أربعة وظائف يقوم بها مفسر الصورة:

التصنيف:

تصنيف المعالم علي الصورة الي مجموعات مثل مجموعة المعالم السكنية و مجموعة المعالم الصناعية و مجموعة المعالم الزراعية و مجموعة الطرق .... الخ. وتساعد هذه الخطوة مفسر الصورة الجوية فيما بعد الي التركيز علي تفسير كل مجموعة من هذه المجموعات علي حدي لما تتمتع به عناصر كل مجموعة من خصائص متشابهة.

التحديد:

يقوم مفسر الصور الجوية بوضع حدود علي الصورة لكل مجموعة من مجموعات التصنيف السابق.

الترقيم:

للمعالم المتجانسة يبدأ المفسر في عد أو ترقيم هذه المعالم، فمثلا يحصي عدد المنازل في الصورة أو عدد المصانع في الصورة.

القياس:

يقوم المفسر أيضا بإجراء بعض القياسات العامة (مع أنها ليست عالية الدقة في حالة الصور شديدة الميل) مثل المسافات بين المعالم المكانية و مساحة امتداد كل ظاهرة محددة. وهذه القياسات تكون مفيدة في التعرف علي الخصائص النوعية و الانتشار المكاني لكل ظاهرة جغرافية.

يجب توافر بعض الشروط في مفسر الصور الجوية حتى يمكنه إتمام عملية التفسير البصري للصور بكفاءة و إتقان، ومنها علي سبيل المثال:

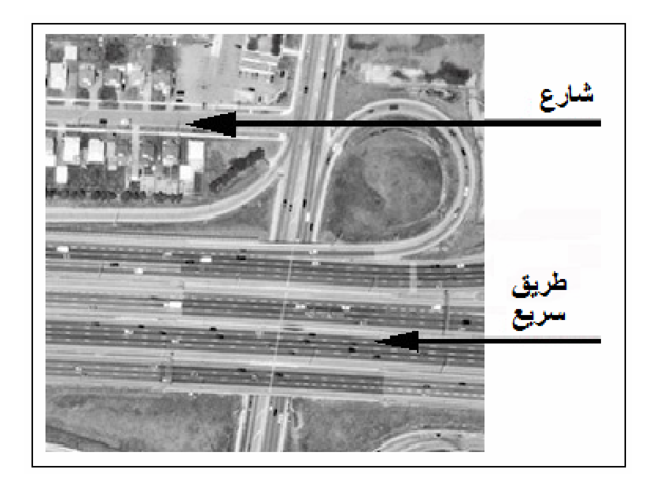
- أن يكون لديه خلفية علمية جيدة عن تقنيات التصوير الجوي، فعلي سبيل المثال وكما سبق الذكر أن ألوان الصور الجوية بالأشعة تحت الحمراء تختلف كلية عن ألوان الصور الجوية العادية.
- أن يكون لديه خلفية علمية والماما جيدا بأسس علوم الأرض، مثل الزراعة (أنواع المحاصيل) و التربة (أنواع التربة) و الجيولوجيا (أنواع الصخور).
- أن يكون لديه تدريبا جيدا علي استخدام الأجهزة المناسبة مثل الاستريسكوب والتي تساعده في عملية تفسير الصور.
- أن يتوافر لديه معلومات جيدة عن المنطقة المصورة وذلك من خلال الخرائط الطبوغرافية و الجيولوجية لهذه المنطقة.

٦-٤ عناصر تفسير الصور الجوية

لتحديد خصائص و أنواع المعالم الجغرافية علي الصور الجوية يتم فحص عدد من العناصر الهامة التي من خلالها يمكن التعرف علي طبيعة المعالم و أنواعها، ومنها: الحجم و الشكل و درجة اللون و الظل و النمط و المظهر و الموقع.

الحجم:

حجم الهدف علي الصورة الجوية من أهم خصائصه، فبقياس طول و عرض أي معلم مكاني علي الصورة ومعرفة مقياس رسم الصورة ذاتها يمكن تقدير مساحة المعالم المكانية علي الأرض ومن ثم التفرقة بين المعالم حتى و إن كانت متشابهة في الشكل. فعلي سبيل المثال فأن شكل منزل عادي أو قصر أو برج سكني ربما يكونوا متشابهين في الصور الرأسية، إلا أن المساحات ستختلف مما يمكن المفسر من تحديد أنواع هذه المنشئات السكنية. كما أن تمييز المجمعات التجارية الكبيرة داخل المناطق السكنية قد يكون سهلا من التعرف علي حجمها و مساحاتها الكبيرة نسبيا مقارنة بما حولها من معالم.



شكل (٦-١) حجم المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

<u>الشكل:</u>

توجد عدة أنواع من المعالم المكانية ذات شكل محدد متعارف عليه من حيث التكوين والتركيب العام لها وبالتالي يمكن تمييزها بسهولة علي الصور الجوية من شكلها. فمثلا يمكن التمييز بين الطرق والتي غالبا تكون في خطوط مستقيمة و بين الترع و المجاري المائية التي قد تأخذ خطوطا متعرجة. كما أن أشكال بعض المعالم المكانية - مثل ملاعب كرة القدم و المطارات - تكون شبه ثابتة ولها خصائص محددة تجعل تمييزها علي الصور الجوية سريعا.



شكل (٦-٢) شكل المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الظلال:

تلعب ظلال المعالم المكانية دورا هاما في التمييز بين أنواع الظاهرات، فمثلا من خلال الظل يمكن التفرقة بين الأشجار و أعمدة الإنارة و الكهرباء (قد يكون الشكل متقارب بينهم) وبين الطرق و الكباري. كما أن قياس الظل و معرفة وقت و تاريخ الصورة الجوية يساعد المفسر في حساب ارتفاعات المعالم المكانية مثل الأبراج و الخزانات.



شكل (٦-٣) ظلال المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

درجة اللون/ التدرج اللوني:

في الصور الجوية غير الملونة (أبيض و أسود) يمكن الاستدلال علي معلومات هامة للمعالم المكانية علي الصورة من خلال ملاحظة درجة لونها أو مدي إضاءتها وسطوعها النسبي علي الصورة. فلكل ظاهرة مكانية قدرة محددة علي عكس جزء من الطاقة الكهرومغناطيسية الواقعة عليها، مما يجعل كل ظاهرة تظهر علي الصور الجوية بدرجة من درجات اللون الرمادي تختلف عن درجة الظاهرات الأخرى. فالظاهرات الملساء أو الناعمة تظهر بلون رمادي فاتح بينما الظاهرات ذات الأسطح الخشنة ستظهر بلون داكن. وكمثال فأن التربة الجافة ستظهر علي الصور الجوية بلون فاتح بينما التربة الرطبة ستظهر بلون داكن. أما في الصور الجوية الملونة فأن التدرج اللوني يكون ذو دلالة هامة في تفسير الصور و التمييز بين الظاهرات الجغرافية ذات اللون الواحد. فالتربة الجافة مثلا ستظهر بلون بني فاتح بينما التربة الرطبة ستظهر بلون بني داكن، وفي السواحل ستكون المياه غير العميقة زرقاء فاتحة بينما ستظهر المناطق العميقة من البحار بلون أزرق داكن.



شكل (٦-٤) التدرج اللوني للمعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

النموذج:

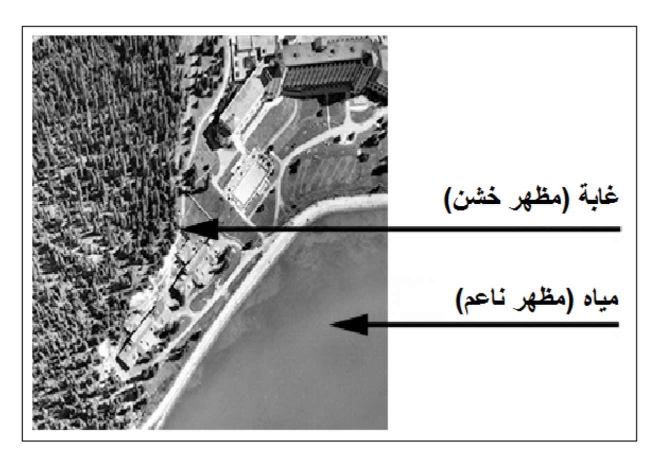
بعض الظاهرات المكانية يكون لها نموذجا أو نمطا معينا في انتشارها المكاني مما يساعد مفسر الصور الجوية علي تمييزها و التفرقة بينها و بين المعالم الأخرى. فعلي سبيل المثال فأن نمط انتشار البساتين يكون منتظما من حيث المسافات التي تفصل بين الأشجار التي تكون بحجم كبير نسبيا، بينما يكون نمط أو نموذج حقول الحبوب في خطوط طويلة منتظمة وذات حجم أقل. وفي داخل المدن يمكن التمييز بين النمط المنتظم للأحياء المخططة من حيث انتظام الشوارع والمباني و النمط العشوائي للمناطق العشوائية غير المخططة عمرانيا من حيث الشوارع الضيقة غير منتظمة الشكل.



شكل (٦-٥) نموذج المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

المظهر أو النسيج:

المظهر أو النسيج هو مدي نعومة أو خشونة شكل الظاهرة الجغرافية علي الصورة الجوية، وهو خاصية مفيدة للتمييز بين أنواع المعالم المكانية وان كان لها نفس درجة اللون. فمثلا السطح المعدني يكون لونه ناعم علي الصورة بينما يظهر السطح الصخري بلون خشن، وأيضا تظهر الحشائش ناعمة علي الصور الجوية بينما تكون الأشجار خشنة المظهر.



شكل (٦-٦) مظهر المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الوقت:

يلعب تاريخ و وقت التصوير دورا هاما في تفسير المعالم المكانية علي الصور الجوية، فمثلا سيختلف شكل المحاصيل الزراعية في بداية مرحلة زراعتها عن شكلها أثناء فترة نموها و شكلها قبل الحصاد. ومن ثم فأن معرفة تاريخ التصوير الجوي يساعد المفسر في تحديد أنواع المحاصيل الزراعية. كما أن الحصول علي عدد من الصور الجوية مختلفة التاريخ يساعد في دراسة التغير الزمني و النمو العمراني الحادث في منطقة جغرافية معينة.



شكل (٦-٧) تاريخ المعالم الجغرافية عند تفسير الصور الجوية

الموقع:

يفيد موقع المعلم المكاني علي الصور الجوية في استنباط معلومات أحري مفيدة، فمثلا وجود مجري مائي يدل علي منطقة منخفضة التضاريس، ووجود حشائش أو مراعي يدل علي أن التربة و المناخ في هذه المنطقة ملائمين لبعض أنواع الزراعات.

الاستعمالات الأرضية:

يعطي وجود ظاهرة جغرافية معينة علي الصورة الجوية معلومات إضافية عن استعمالات الأراضي في هذه المنطقة. فمثلا وجود آبار يدل علي توافر مخزون مائي جوفي، ووجود مزرعة يدل علي تربة مناسبة للزراعة ووجود محجر يدل علي بعض أنواع الصخور و هكذا.

٦-٥ المعالم الجغرافية على الصور الجوية

قد تختلف شكل الظاهرات الجغرافية في الحقيقة عن شكلها الظاهر في الصور الجوية خاصة في الصور ذات مقاييس الرسم الصغيرة، إلا أن مفسر الصور الجوية وبعد التدريب الجيد واكتساب الخبرة اللازمة يستطيع التمييز بسرعة بين المعالم الجغرافية خاصة مع استخدام أجهزة الاستريسكوب (في حالة وجود تداخل) أو أجهزة تكبير و تجسيم الصور.

تعد تضاريس سطح الأرض من الظاهرات التي يسهل التعرف عليها في الصور الجوية وتحديد المرتفعات والمناطق الجبلية وتمييزها عن المناطق المستوية و المنخفضات. كما أن التمييز بين أنواع التكوينات الجيولوجية لسطح الأرض يمكن ملاحظته بسهولة لمفسر الصور الجوية ذو الخبرة الجيدة. وكما سبق الذكر أن الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية و الجيولوجية لنفس المنطقة - حتى و إن كانت قديمة بعض الشيء - يعد عاملا مساعدا لمفسر الصور الجوية في إتمام التفسير الجيد.



شكل (٦-٧) تضاريس سطح الأرض عند تفسير الصور الجوية

تظهر النباتات الطبيعية علي الصور الجوية بلون داكن في الغالب وان كانت درجة اللون تختلف بناءا علي أنواع و عمر الأشجار. أما طرق المواصلات فيمكن التمييز بين الطرق المرصوفة والتي تظهر بلون داكن أملس والطرق غير المرصوفة والتي تظهر بلون فاتح خشن.



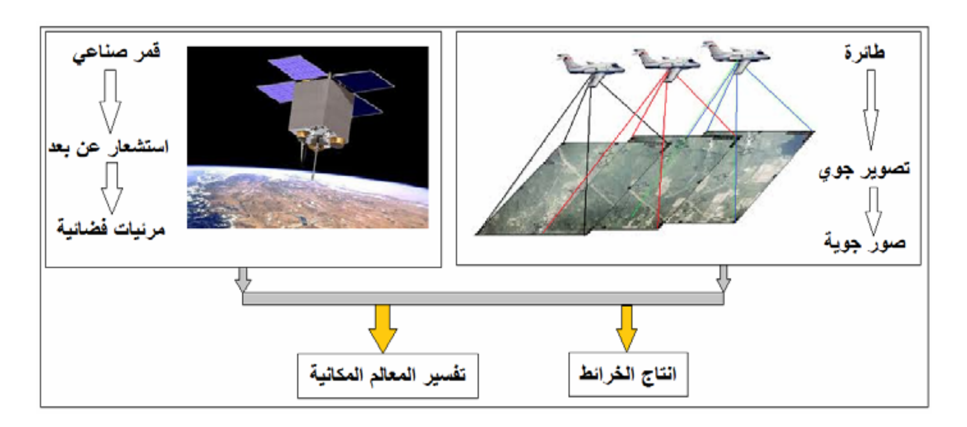
شكل (٦-٨) طرق المواصلات عند تفسير الصور الجوية

الفصل السابع

المرئيات الفضائية

٧-١ مقدمة

استمر التصوير الجوي لعدة عقود معتمدا علي وضع آلات التصوير في الطائرات الي أن بدأ عصر الأقمار الصناعية مع بداية النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي. في البداية كانت الأقمار الصناعية مخصصة للتطبيقات العسكرية مثل إطلاق الصواريخ والتحكم فيها أثناء سيرها لمسافات طويلة عابرة للقارات، إلا أن فكرة وضع آلة تصوير داخل القمر الصناعي بدأت في الظهور الي أن تم إطلاق أول قمر صناعي مخصص للتصوير الفضائي في عام ١٩٧٢ (١٣٩١ هـ). ومنذ ذلك التاريخ ظهر علم الاستشعار عن بعد وبدأ استخدام مصطلح المرئيات الفضائية للدلالة علي الصور الملتقطة من الأقمار الصناعية. وطوال العقود الأربعة الماضية زاد الاعتماد بشدة علي المرئيات الفضائية و تطبيقاتها في العديد من المجالات العلمية و التنموية علي المستوي العالمي. يستعرض هذا الفصل نبذة مختصرة ومبسطة عن أسس علم الاستشعار عن بعد و تطبيقاته.



شكل (٧-١) الصور الجوية و المرئيات الفضائية

٧-٢ الأقمار الصناعية

القمر الصناعي هو جهاز أو آلة من صنع البشر يدور في مدار محدد في الفضاء الخارجي حول الأرض. في عام ١٩٥٧ (١٣٧٦ هـ) قام الاتحاد السوفيتي - روسيا الآن - بإطلاق أول قمر صناعي (القمر سبوتنيك-١) الي الفضاء الخارجي لتبدأ البشرية عصرا جديدا

من عصور العلم و التقنيات. ومنذ ذلك التاريخ تم إطلاق آلاف من الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض وتستخدم في العديد من التطبيقات المدنية و العسكرية.

بصفة عامة يمكن تقسيم أنواع الأقمار الصناعية الي ثلاثة مجموعات رئيسية تشمل:

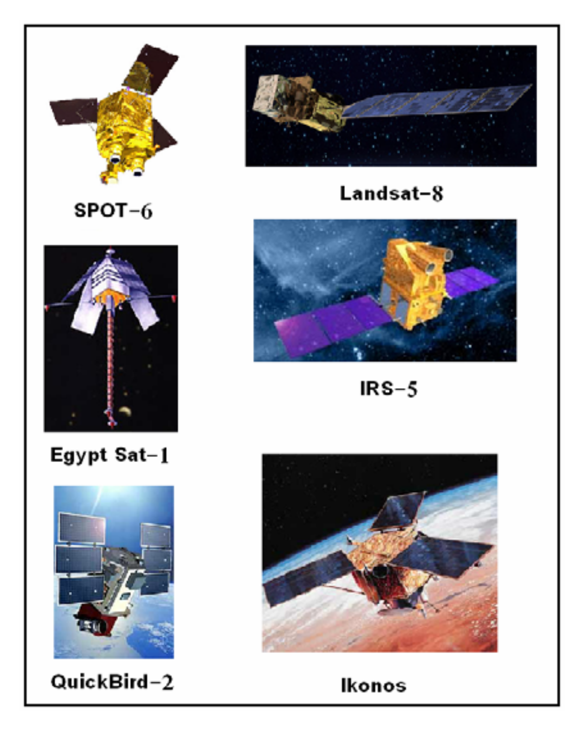
- أقمار صناعية للاتصالات: وهي أقمار تساعد في نقل البيانات (مثل البث الإذاعي و التلفزيوني) وتوزيعها علي أجزاء كبيرة من سطح الأرض لتتغلب علي مشكلة كروية الأرض التي تعيق النقل المباشر الأرضي لهذه البيانات. ومن أمثلة هذه النوعية من الأقمار الصناعية: النيل سات و العرب سات المستخدمين في البث التلفزيوني.

- أقمار صناعية ملاحية: يكون هدفها الأساسي تقديم تقنيات ووسائل دقيقة لعمليات الملاحة بين موقعين (سواء الملاحة الأرضية أو البحرية أو الجوية أو حتى الملاحة الفضائية) ، وتأتي في هذه المجموعة من الأقمار الصناعية نظم أو تقنيات مثل نظام الجي بي أس الأمريكي و نظام جاليليو الأوروبي و نظام جلوناس الروسي.

- أقمار صناعية لدراسة موارد الأرض: ومنها أقمار صناعية خاصة بدراسة البحار و أخري خاصة بدراسة الطقس و ثالثة مخصصة للتصوير الفضائي أو الاستشعار عن بعد.

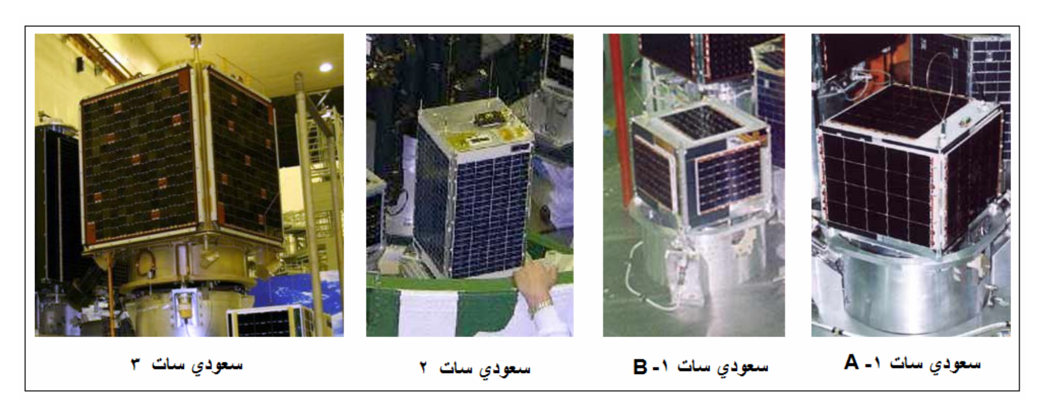
بدأت الأقمار الصناعية كأقمار مخصصة للأغراض العسكرية في المقام الأول إلا أنها أصبحت تستخدم في العديد من التطبيقات المدنية سواء الهندسية أو البيئية أو الزراعية أو الجيولوجية .... الخ. وطوال ثلاثة عقود كانت معظم الأقمار الصناعية حكومية وكان الحصول علي المرئيات الفضائية يتم من خلال الجهات الحكومية في الدول من خلال اتفاقيات موقعة مع الدولة صاحبة القمر الصناعي. إلا أنه في السنوات الأخيرة ومن انتشار تطبيقات المرئيات الفضائية في عدة مجالات فقد زاد الطلب علي منتجات الأقمار الصناعية مما جعل بعض الشركات الكبرى تدخل هذا المجال المربح اقتصاديا. والآن أصبحت هناك عدة أقمار صناعية تجارية يمكن شراء منتجاتها بسهولة و يسر. الجدول التالي يقدم بعض المعلومات عن بعض الأقمار الصناعية المخصصة للاستشعار عن بعد.

أولا: بعض الأقمار الصناعية الحكومية		
أسم القمر	الدولة	تاريخ الإطلاق
لاندسات ٧	أمريكي	١٥-٤-١٩٩٩م
سبوت ٥	فرنسي	٣-٥-٢٠٠٢م
اي أر أس ٥	هندي	٥-٥-٢٠٠٥م
رادار سات ٢	كندي	١٤-١٢-٢٠٠٧م
ايجيبت سات ١	مصري	١٧-٤-٢٠٠٧م
را سات	تركي	١٧-٨-٢٠١١م
سعودي سات ٢	سعودي	١٧-٤-٢٠٠٧م
ثانيا: بعض الأقمار الصناعية التجارية		
أسم القمر	الشركة	تاريخ الإطلاق
ايكونوس ٢	سباس ايماج	٢٤-٩-١٩٩٩م
كويك بيرد ٢	ديجيتال جلوب	١٨-١٠-٢٠٠١م
جيو أي ١	جيو أي	٦-٩-٢٠٠٨م



شكل (٧-٢) بعض الأقمار الصناعية

في المملكة العربية السعودية أطلقت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية - ممثلة في معهد بحوث الفضاء - أول قمر صناعي سعودي تجريبي (سعودي سات ١) في عام٢٠٠٠م (١٤٢١ هـ). وفي عام ٢٠٠٧م (١٤٢٨ هـ) تم إطلاق القمر السعودي الأكثر تقدما و المخصص للاستشعار عن بعد (سعودي سات ٢) بقدرة توضيح مكاني تبلغ ١٥ متر للصور غير الملونة و ٦٠ متر للصور الملونة ويبلغ عرض الصورة الواحدة ٢٦ كيلومتر. ويزن القمر السعودي ٣٣ كيلوجراما ويدور حول الأرض علي ارتفاع ٧٠٠ كيلومتر ويتم تغذيته بالطاقة الكهربائية بواسطة لوحات شمسية تغطي جوانبه الأربعة. وتعتزم المملكة العربية السعودية إطلاق الجيل الثالث من الأقمار الصناعية (سعودي سات ٣) في عام ٢٠١٤ (١٤٣٥ هـ). وتجدر الإشارة الي أن المملكة تمتلك أيضا عددا من الأقمار الصناعية المخصصة للاتصالات ونقل البيانات من المناطق النائية مثل حقول البترول النائية وأيضا حاويات السفن السعودية في المحيطات (سعودي كومسات) بالإضافة لأقمار الاتصالات التلفزيونية (عرب سات).



شكل (٧-٣) بعض الأقمار الصناعية السعودية

٧-٣ علم الاستشعار عن بعد

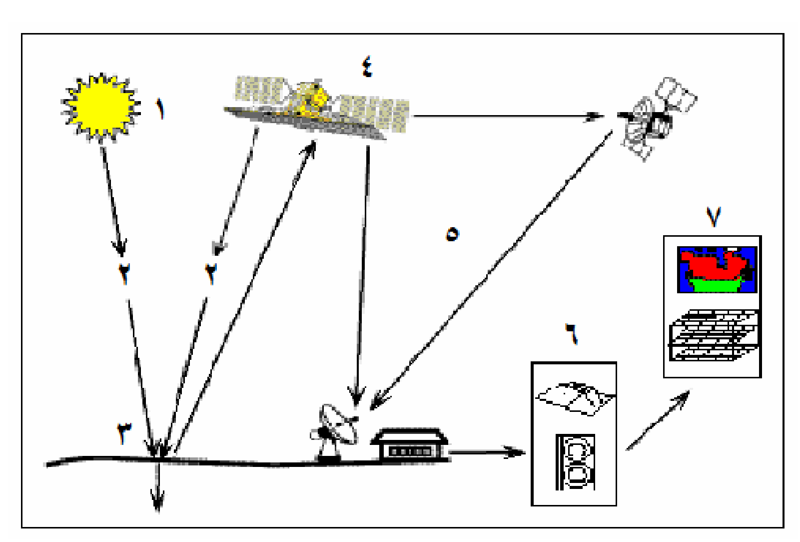
٧-٣-١ مفهوم الاستشعار عن بعد

الاستشعار عن بعد (أو الاستشعار من بعد أو التحسس النائي) هو مصطلح يطلق بصورة عامة علي عملية جمع معلومات أو بيانات عن ظاهرة أو هدف معين دون تلامس مع هذا الهدف أو الظاهرة. فأنت الآن و أثناء قراءتك هذا الكتاب تمارس بعينيك نوعا من أنواع الاستشعار عن بعد (!) حيث أن عينيك تلتقط صورة لمحتويات الصفحة وترسلها الي مخك ليحللها و يستنبط منها معلومات دون أن تلامس عينيك الكتاب تلامسا مباشرا، وبالتالي فأن عينيك قد تحسستا الكتاب عن بعد. وبهذا المنطق فأن التصوير الجوي هو أيضا نوعا من أنواع

الاستشعار أو التحسس عن بعد فالكاميرا الموجودة في الطائرة تسجل - أو تتحسس - الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة من معالم سطح الأرض وتخزنها علي الفيلم ثم بعد طباعة هذه الصور الجوية يتم الحصول علي كم هائل من المعلومات عن المعالم و الظاهرات المكانية دون حدوث تلامس مباشر معها.

٧-٣-٢ مكونات الاستشعار عن بعد

يعرف الاستشعار عن بعد بأنه: علم وفن جمع المعلومات عن سطح الأرض دون تلامس حقيقي معه، وذلك من خلال تحسس و تسجيل و تحليل الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة. وتتكون عملية التحسس أو الاستشعار من عدد من العناصر تشمل مصدر الطاقة و الغلاف الجوي و التعامل مع الأهداف الأرضية و استقبال و تسجيل و تحليل الطاقة الكهرومغناطيسية.



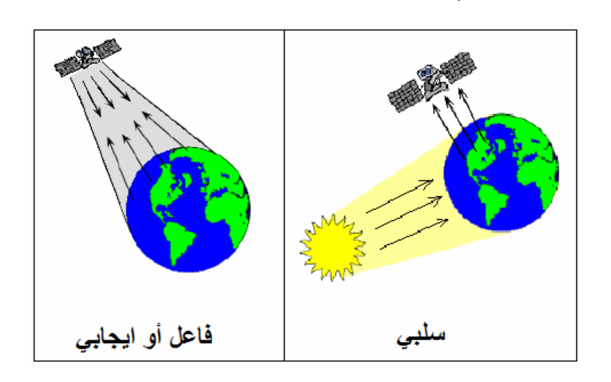
شكل (٧-٤) مكونات عملية الاستشعار عن بعد

١- مصدر الطاقة:

أولي خطوات عملية الاستشعار من بعد تتطلب وجود مصدر للطاقة الكهرومغناطيسية التي ستقع علي الأهداف المكانية علي سطح الأرض.

تعد الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة في أغلب تطبيقات الاستشعار عن بعد، وهذا النوع يسمي بالاستشعار عن بعد السلبي حيث أن القمر الصناعي يسجل فقط الطاقة المنعكسة من سطح الأرض. أما الاستشعار عن بعد الفاعل أو الايجابي فهو الذي يقوم فيه القمر الصناعي

ذاته بإرسال أشعة كهرومغناطيسية (مثل أشعة الرادار) الي سطح الأرض ثم يسجلها بعد انعكاسها و ارتدادها إليه مرة أخري.



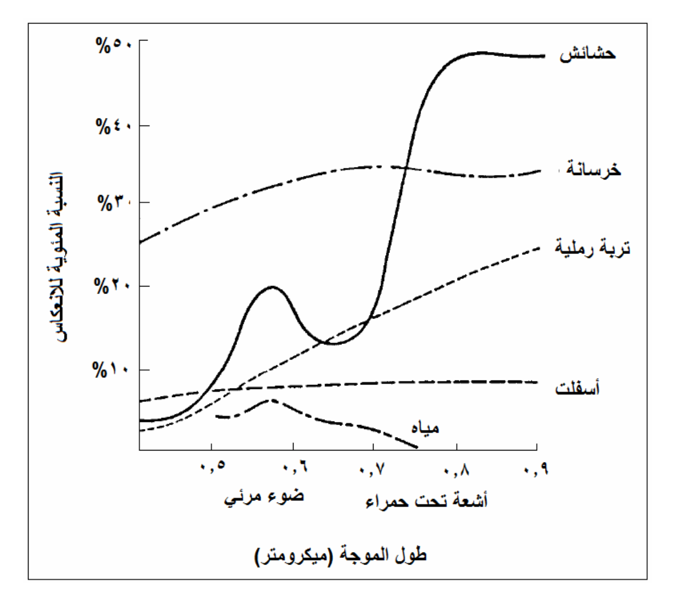
شكل (٧-٥) الاستشعار عن بعد السلبي و الايجابي

٢- الغلاف الجوي:

تمر الطاقة المنبعثة من المصدر من خلال طبقات الغلاف الجوي للأرض حتى وصولها لسطح الأرض، ثم تمر مرة أخري في هذه الطبقات عند انعكاسها الي الجهاز المستشعر. وتؤثر طبقات الغلاف الجوي علي الأشعة الكهرومغناطيسية بثلاثة صور متعددة تشمل التشتت و الامتصاص و النفاذية، وطبقا لطول الموجة لكل نوع من أنواع الطيف الكهرومغناطيسي فستختلف درجات التعامل مع الغلاف الجوي.

٣- التعامل مع سطح الأرض:

بوصول الطاقة الكهرومغناطيسية الي سطح الأرض فأنها ستتفاعل مع الأهداف المكانية بطرق مختلفة اعتمادا علي طبيعة و خصائص هذه الأهداف. فجزء من هذه الطاقة سيتم امتصاصه بواسطة الأهداف المكانية بينما سينفذ جزء آخر الي باطن الأرض وسيكون هناك جزء آخر من الطاقة سيتم عكسه أو ارتداه مرة أخري وهذا هو الجزء الهام في عملية الاستشعار عن بعد. لكل مادة علي الأرض نمط مميز لكيفية التعامل مع الطاقة الساقطة عليها وهذا ما يطلق عليه اسم البصمة الطيفية، وهذا النمط هو ما يمكننا من تمييز مواد سطح الأرض عن بعضها البعض.



شكل (٧-٦) مثال لتعامل مواد سطح الأرض مع الطاقة

<u>٤- تسجيل الطاقة من خلال المستشعرات:</u>

تنعكس الأشعة من سطح الأرض لتصل الي القمر الصناعي، وهنا لا بد من وجود جهاز لاستقبال و تسجيل هذه الطاقة المنعكسة. قد يكون هذا الجهاز كاميرا تسجل المعلومات فوتوغرافيا أو جهاز رقمي يتحسس الأشعة الكترونيا ويسمي جهاز المستشعر أو المجس. ويقوم جهاز المستشعر بتقوية الأشعة المنعكسة ثم تسجيلها بطريقة تعتمد علي شدة كل شعاع منعكس من الهدف الأرضي. تجدر الإشارة لوجود تقنيات للاستشعار عن بعد بواسطة الطائرات أيضا كمنصة توضع داخلها المستشعرات.

تنقسم أجهزة الاستشعار أو المستشعرات بصفة عامة طبقا لنوع الاستشعار ذاته من حيث كونه سلبيا أو فاعلا. تتعدد المستشعرات السلبية لتشمل كاميرات التصوير و كاميرات الفيديو و المسحات الضوئية متعددة الأطياف و الماسحات الضوئية الحرارية والمنصات الراديومترية. بينما تشمل المستشعرات الفاعلة أو الايجابية (التي تصدر الطاقة) كلا من ماسحات الليزر و ماسحات الرادار وأجهزة التصوير الراديومتري.

<u>٥- بث و استقبال الطاقة:</u>

يقوم القمر الصناعي في هذه المرحلة ببث الأشعة المسجلة - في صورة رقمية - الي محطات الاستقبال الموجودة علي سطح الأرض حيث يتم تحليلها.

٦- التفسير و التحليل:

بعد استقبال الأشعة المرسلة من القمر الصناعي تبدأ مرحلة تفسير و تحليل هذه الأشعة (المرئيات الفضائية) لاستنباط المعلومات عن الأهداف المكانية الموجودة علي سطح الأرض.

٧- التطبيقات:

تتكون آخر مراحل عملية الاستشعار عن بعد من تطبيق المعلومات التي تم الحصول عليها واستخدامها في مجالات و مشروعات التنمية.

٧-٣-٣ تطبيقات الاستشعار عن بعد

انتشرت تطبيقات الاستشعار عن بعد في الفترة الماضية بدرجة كبيرة جدا لتدخل استخدامات المرئيات الفضائية في عدد كبير من المجالات تشمل:

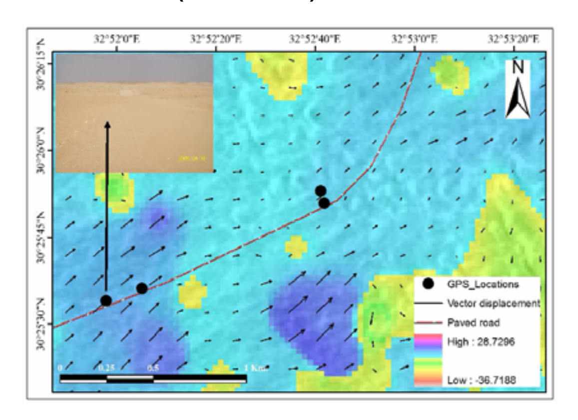
- الدراسات الحضرية مثل تحديد أنواع استخدامات الأراضي.
- إعداد الخرائط التفصيلية.
- إعداد الخرائط الكنتورية لبيان تضاريس سطح الأرض.
- دراسة النباتات و تحديد أنواع المحاصيل و تحديد المحاصيل المريضة و مراقبة نمو النباتات أثناء مراحل الزراعة.
- إعداد خرائط رطوبة التربة في الحقول الزراعية.
- إعداد خرائط التربة.
- إعداد خرائط المواقع الأثرية.
- تحديد فروع الأنهار و قنوات المياه و المستنقعات و حدود الشواطئ وتحديد أعماق المياه.
- دراسات تخطيط شبكات النقل و المواصلات.
- دراسات توزيع الخدمات العامة.
- مراقبة ومتابعة الفيضانات وتأثيراتها البيئية.
- إعداد الخرائط الجيولوجية.
- متابعة التغيرات الزمنية لنمو و امتداد وحركة الظاهرات الجغرافية مثل حركة الكثبان الرملية و التصحر.
- دراسات تلوث الهواء.

- متابعة ظاهرة ذوبان الجليد في المناطق القطبية.
- متابعة الظاهرات البحرية مثل التيارات البحرية ودرجات حرارة مياه البحار و المحيطات.
- متابعة الظاهرات المناخية مثل حركة و خصائص الرياح والسحب.
- البحث عن الموارد الطبيعية مثل البترول و المعادن.
- البحث عن المياه الجوفية.

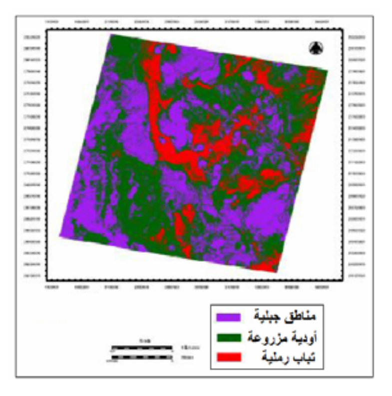


تحديد النبات المريض علي مرئية تحت حمراء (لونه أزرق)

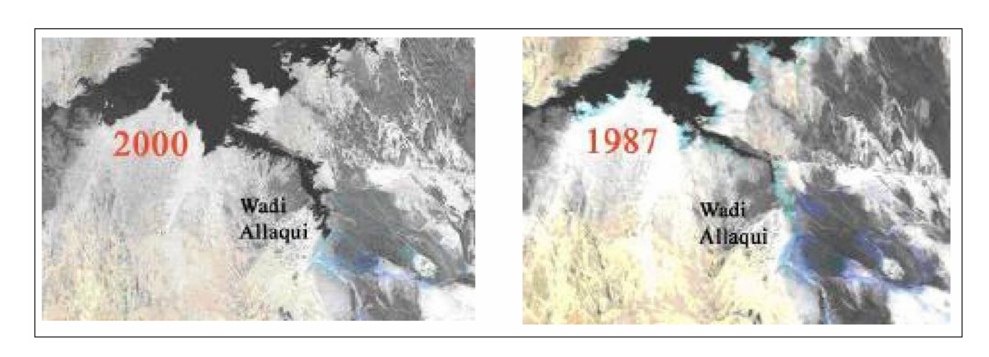
تحديد أنواع و كثافة المزروعات



تحديد حركة الكثبان الرملية



تصنيف استخدامات الأراضي



مراقبة التغير في بحيرة ناصر (مصر) نتيجة البخر

شكل (٧-٧) بعض تطبيقات الاستشعار عن بعد

٧-٤ خصائص المرئيات الفضائية

٧-٤-١ الفروق بين الصور الجوية و المرئيات الفضائية

يعتمد التصوير الجوي بصفة عامة علي التصوير الفوتوغرافي وتسجيل الطاقة علي الأفلام ثم طباعة الصور الجوية، بينما يعتمد الاستشعار عن بعد علي التسجيل الرقمي (الالكتروني) للطاقة حيث يقوم المستشعر بفصل و بتسجيل كل نطاق من نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي المطلوب في هيئة رقمية منفصلة، وذلك من خلال المرشحات. أي أن جهاز الاستشعار أو المجس يسجل نطاق الطيف المرئي الأزرق - مثلا - في جزء من الذاكرة الرقمية كما يسجل نطاق الطيف المرئي الأحمر في جزء آخر من الذاكرة ويسجل نطاق طيف الأشعة تحت الحمراء في جزء ثالث من الذاكرة ، ... وهكذا. ومن ثم فيطلق علي المرئية الفضائية أنها متعددة النطاقات، أي أنها تتكون من عدد من النطاقات المختلفة (الناتجة عن المرشحات المختلفة). وهذا الأسلوب يتيح للمستخدم - بعد ذلك - من التعامل مع كل صورة أو كل نطاق من نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي بصورة منفصلة أو أن يقوم بعرض مجموعة من النطاقات علي شاشة الحاسب الآلي في نفس الوقت للحصول علي الصور الملونة.

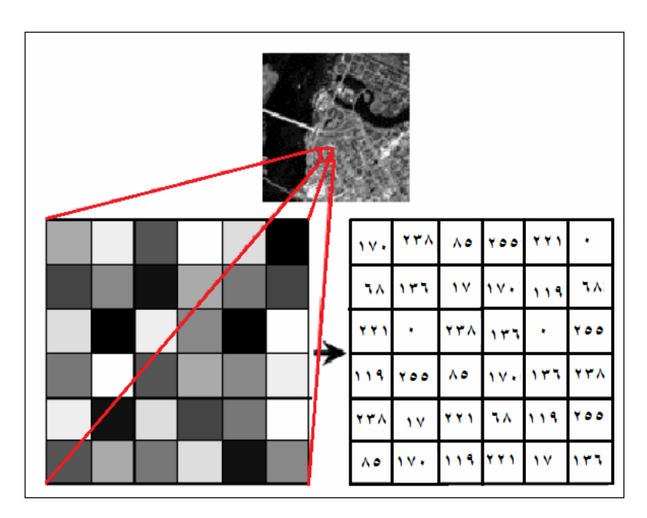


شكل (٧-٨) مفهوم نطاقات المرئيات الفضائية

تختلف المرئيات الفضائية عن الصور الجوية أيضا في أن الصور الملتقطة من الطائرات يتم تصويرها من داخل الغلاف الجوي حيث أن ارتفاع الطيران غالبا يكون في حدود عدة كيلومترات بينما ترتفع الأقمار الصناعية عدة مئات من الكيلومترات فوق سطح الأرض. كما أن تكلفة شراء المرئيات الفضائية الآن (من شركات الأقمار الصناعية التجارية) أصبحت أرخص اقتصاديا من عملية التصوير الجوي.

٧-٤-٢ مواصفات المرئيات الفضائية

تتكون المرئية الفضائية من شبكة من الأعمدة و الصفوف والتي تكون مساحات مربعة صغيرة يطلق عليها اسم الخلية أو البكسل. لكل خلية رقم يمثل كم الإشعاع المنعكس من مساحة سطح الأرض التي تمثلها هذه الخلية، ومن هذا الرقم يمكن لبرنامج الحاسب الآلي تحديد مادة سطح الأرض التي تمثل هذه الخلية. وهناك العديد من الخصائص التي تميز مرئية فضائية عن أخري.



شكل (٧-٩) مفهوم الخلية في الاستشعار عن بعد

<u>الدقة التمييزية المكانية:</u>

تعرف الدقة التمييزية المكانية (أو درجة الوضوح لمكاني أو الدقة المساحية أو حجم الخلية) بأنها أصغر مساحة من الأرض يمكن للمستشعر أن يميزها عما حولها. فعلي سبيل المثال عندما نقول أن الدقة التمييزية المكانية لمرئية من قمر صناعي معين تبلغ ١×١ متر فهذا يدل علي أن هذا القمر الصناعي يستطيع أن يميز مساحة علي سطح الأرض تبلغ ١×١ متر ويحدد مادة هذه المساحة أو الخلية ليميزها عن المواد الموجودة حولها علي الأرض. أما ما بداخل هذه المساحة أو الخلية فلا يمكن لهذا القمر الصناعي أن يحدد تفاصيلها أو يميز محتواها. ومن هنا فتختلف قيمة الدقة التمييزية المكانية أو حجم الخلية من مرئية فضائية الي أخري، فتوجد:

- مرئيات فضائية ذات حجم خلية منخفض (أكبر من ١٠٠×١٠٠ متر)، وهي تستخدم في تطبيقات التخطيط الإقليمي والخرائط ذات مقاييس الرسم الصغيرة.
- مرئيات فضائية ذات حجم خلية متوسط (تتراوح بين ٥×٥ متر و ١٠٠×١٠٠ متر).

- مرئيات فضائية ذات حجم خلية عالية (أقل من ٥×٥ متر) وهي تستخدم في التخطيط الحضري و الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة.

وكلما زادت القدرة التمييزية المكانية لمرئية كلما زادت درجة وضوحها المكاني وكلما أمكن التمييز بين معالم سطح الأرض بقدرة كبيرة.





شكل (٧-١٠) مفهوم حجم الخلية أو الدقة التمييزية المكانية

<u>الدقة التمييزية الطيفية:</u>

يقـصد بالدقـة التمييزيـة الطيفيـة للمرئيـة الفـضائية مـدي المنطقـة مـن الطيـف الكهرومغناطيسي التـي يستطيع جهـاز المستشعر أن يعامـل معهـا وتقسيمها الـي نطاقـات. فعلـي سبيل المثـال فالدقـة التمييزيـة الطيفيـة للمرئيـات الفضـائية البانكروماتيـة (غيـر الملونـة) تقـع فـي المدى من ٠.٤ الي ٠.٧ مايكرومتر حيث يقوم المستشعر بتسجيل الضوء المنعكس من الأرض في هذا المدى و يسجله في نطاق واحد. ومن هنا فأن المجسات أو المستشعرات الموجودة داخل الأقمار الصناعية يمكن تقسيمها من حيث دقتها التمييزية الطيفية الي:

- مستـشعرات أحاديـة النطـاق: تستـشعر و تـسجل الطاقـة المنعكـسة فـي نطـاق واحـد (المرئيات غير الملونـة).
- مستشعرات متعددة النطاقـات: تستشعر الطاقة المنعكسة وتقوم بتسجيلها فـي نطاقات متعـددة (أقـل مـن ١٠ نطاقـات)مثـل النطـاق الأزرق و الأحمـر و الأخـضر و تحـت الحمراء .... الخ، ومن أمثلتها المستشعرات الموجودة فـي أقمـار سبوت ٥ و لاندسـات ٧.
- مستشعرات عديدة النطاقات: تستشعر الطاقة المنعكسة وتقوم بتسجيلها فـي عدد كبيـر مـن النطاقـات (عشرات أو مئـات)، ومـن أمثلتهـا مستشعرات القمـر الـصناعي "اي أو أس موديز" والتي يصل عدد نطاقاتها الي ٣٦ نطاقا.

كلمـا زاد عدد النطاقـات أو الدقـة التمييزيـة الطيفيـة لمرئيـة فضائية كلمـا كانـت البصمة الطيفية لمواد سطح الأرض أكثر سهولة في التمييز و التفريق بينها في تطبيقات تفسير و تحليل المرئيات الفضائية. أما المرئيات ذات النطاق الطيفي الواحد (المرئيات غير الملونـة) فستستخدم أساسا في إنتاج الخرائط.



المعدن	الانعكاس (%) في الاطوال الموجية المختلفة			
	الأزرق	الأخضر	الأحمر	المرئي
الكوارتز	٩٢,٩	٩٣,٠	٩٣,٥	٩٣,١
البيوتيت	٧,٤	٧,٤	٧,٤	٧,٤
المسكوفيت	٥٩,٣	٦٠,٣	٦٠,٢	٦٠,٠
الميكروكلين	٦١,٤	٧١,٧	٨٠,٧	٧١,٣
الجارنت	١١,٠	١٨,٣	٣٠,٣	١٩,٧
الابيدوت	١٨,٦	٣٤,٧	٣٦,٥	٣٠,٣



شكل (٧-١١) مفهوم الدقة التمييزية الطيفية للمرئيات الفضائية

الدقة التمييزية الإشعاعية:

تعد الدقة التمييزية الإشعاعية (أو الدقة الراديومترية) مقياسا لحساسية المستشعر لكشف الاختلافات التي تحدث في قوة الإشارة الكهرومغناطيسية أثناء تسجيلها للأشعة المنعكسة من سطح الأرض. ويعبر عن الدقة التمييزية الإشعاعية بعدد البيتات المستخدمة لتسجيل بيانات كل خليه، و البت هو وحدة قياس البيانات الرقمية وهو الأس للرقم ٢. فعلي سبيل المثال فعندما نقول أن الدقة التمييزية الإشعاعية لقمر صناعي معين تبلغ ١ بيت فهذا يدل علي أن القمر يسجل البيانات في $٢^{١}$ أي ٢ قيم عددية مختلفة لبيانات الخلية، أو بمعني آخر يقسم الخلية الي ٢ أقسام مختلفة أو ٢ تدريج من تدريجات اللون الرمادي، و عندما نقول أن الدقة التمييزية الإشعاعية لقمر صناعي معين تبلغ ٢ بيت فهذا يدل علي أن القمر يسجل البيانات في $٢^{٢}$ أي ٤ قيم عددية مختلفة لبيانات الخلية، أو بمعني آخر يقسم الخلية الي ٤ تدريجات من تدريجات اللون الرمادي، و عندما نقول أن الدقة التمييزية الإشعاعية لقمر صناعي معين تبلغ ٨ بيت فهذا يدل علي أن القمر يسجل البيانات في $٢^{٨}$ أي ٢٥٥ قيم عددية مختلفة لبيانات الخلية، أو بمعني آخر يقسم الخلية الي ٢٥٥ تدريجات من تدريجات اللون الرمادي. ومن ثم فأنه كلما زادت الدقة التمييزية الإشعاعية لمرئية فضائية كلما كانت المرئية أوضح و أسهل في التفسير و التحليل. وعلي سبيل المثال فتبلغ الدقة التمييزية الإشعاعية لأقمار "سبوت ٥" و "لاندسات ٧" قيمة ٨ بيت، بينما تبلغ ١٠ بيت للقمر "نواا" وتبلغ ١٢ بيت للقمر "اي أو أس موديز".



شكل (٧-١٢) مفهوم الدقة التمييزية الإشعاعية للمرئيات الفضائية

الدقة التمييزية الزمنية:

الدقة التمييزية الزمنية لقمر صناعي معين هي الوقت أو الزمن الدوري اللازم للقمر الصناعي لزيارة نفس المنطقة الجغرافية علي سطح الأرض مرتين متتاليتين. أي أنها الوقت المستغرق بين تصوير نفس المنطقة الجغرافية مرتين متتاليتين. وتختلف الدقة التمييزية الوقتية

للأقمار الصناعية باختلاف ارتفاع القمر الصناعي عن سطح الأرض و سرعة دورانه، وغالبا تتراوح هذه الفترة الزمنية بين عدة أيام الي ما هو أقل من الشهر.

التغطية المكانية:

التغطية المكانية لقمر صناعي هي مساحة المنطقة الأرضية التي يعطيها المنظر الواحد أو المرئية الفضائية الواحدة. وبالطبع فأنه كلما زادت التغطية المكانية لقمر صناعي كلما انخفضت الدقة التمييزية المكانية له، أي أنه كلما كبرت مساحة سطح الأرض الظاهرة علي مرئية محددة كلما انخفض كم تفاصيل هذه المرئية، والعكس صحيح. فالمرئيات الفضائية ذات التغطية المكانية الكبيرة تستخدم في التطبيقات التي لا تعتمد علي إظهار كم تفاصيل كبير مثل تطبيقات التخطيط الإقليمي، بينما تتطلب تطبيقات تخطيط المدن و إنتاج الخرائط التفصيلية قدرة تمييز مكاني كبيرة ومن ثم الاعتماد علي المرئيات الفضائية ذات التغطية المكانية الصغيرة.

يقدم الجدول التالي مقارنة سريعة بين خصائص المرئيات الفضائية لبعض الأقمار الصناعية المستخدمة في تطبيقات الاستشعار عن بعض في الوقت الراهن.

القمر الصناعي	لاندسات ٧	سبوت ٥	أي أر أس ٢	كويك بيرد	ايكونوس
النطاق	**حجم الخلية (الدقة التمييزية المكانية) بالمتر**				
الأزرق	٣٠			٢.٤	٤
الأخضر	٣٠	٢.٥ أو ٥	٢٣	٢.٤	٤
الأحمر	٣٠	٢.٥ أو ٥	٢٣	٢.٤	٤
تحت الحمراء القريبة	٣٠	٥ أو ١٠	٢٣	٢.٤	٤
تحت الحمراء المتوسطة	٣٠	١٠ أو ٢٠	٧٠		
تحت الحمراء الحرارية	٦٠				
أبيض و أسود	١٥	٢.٥ أو ٥	٥.٨	٠.٦١	٠.٨٢
التغطية المكانية أو أبعاد الصورة (كيلومتر)	١٨٥	٦٠	١٤٢	١٦.٥	١١
الدقة التمييزية الزمنية أو دورية التصوير (يوم)	١٦	٢٦	٢٤	٣.٥	٣
سعر **تقريبي** للصورة الواحدة غير الملونة بالدولار الأمريكي	٦٥٠	١٠٧٠٠	٥٢٠٠	٣٨٠٠	٢٤٠٠

٧-٥ معالجة المرئيات الفضائية

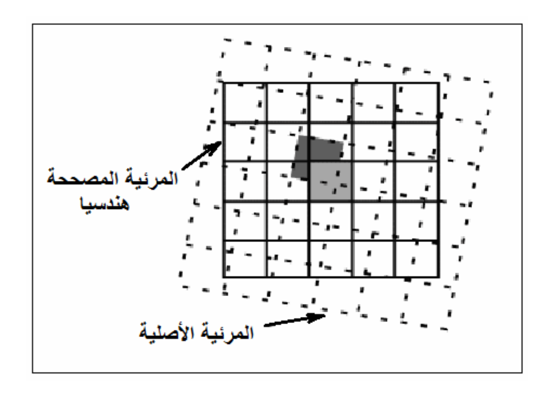
تهدف عمليات معالجة المرئيات الفضائية الي إعداد المرئيات في أفضل و أدق صورها قبل تفسيرها و استنباط المعلومات منها. فالمرئيات الفضائية الخام أو الأولية كما تأتي من الأقمار الصناعية تكون بها بعض العيوب الواجب تصحيحها أولا قبل إتمام عملية تصنيف المعالم والظاهرات الجغرافية الظاهرة علي المرئية. وتتضمن عمليات معالجة المرئيات خطوات أولية و خطوات تفصيلية تشمل تحسين و دمج و تصنيف المرئيات و الإعداد النهائي للمعلومات المكانية والخرائط المستنبطة من المرئيات الفضائية.

٧-٥-١ المعالجة الأولية للمرئيات الفضائية

تتكون المعالجة الأولية للمرئيات من عدد من الخطوات تهدف لتصحيح أية تشوهات أو عيوب بالمرئية، وتشمل:

التصحيح الهندسي:

تؤثر سرعة القمر و الصناعي وانكسار الأشعة في طبقات الغلاف الجوي و الإزاحة الناتجة عن التضاريس وعوامل أخري علي المرئية الخام بحيث يكون بها بعض التشوهات الهندسية تمنع من استخدامها مباشرة في إنتاج الخرائط و القياسات الدقيقة. وفي أولي خطوات المعالجة الأولية يتم التصحيح الهندسي للتغلب علي تشوهات المرئية، وهو يتكون من خطوتين: تصحيح التشوهات المنتظمة من خلال تطبيق معادلات رياضية تعتمد علي بيانات و خصائص القمر الصناعي ذاته، وتصحيح التشوهات غير المنتظمة عن طريق ربط المرئية بنقاط تحكم أرضية معلومة الإحداثيات (مثلا برصدها بتقنية الجي بي أس) و موزعة توزيعا منتظما جيدا علي أركان المرئية الفضائية أو بمقارنة المرئية الجديدة بمرئية أو خريطة سابقة مصححة هندسيا.



شكل (٧-١٣) التصحيح الهندسي للمرئيات الفضائية

التصحيح الراديومتري:

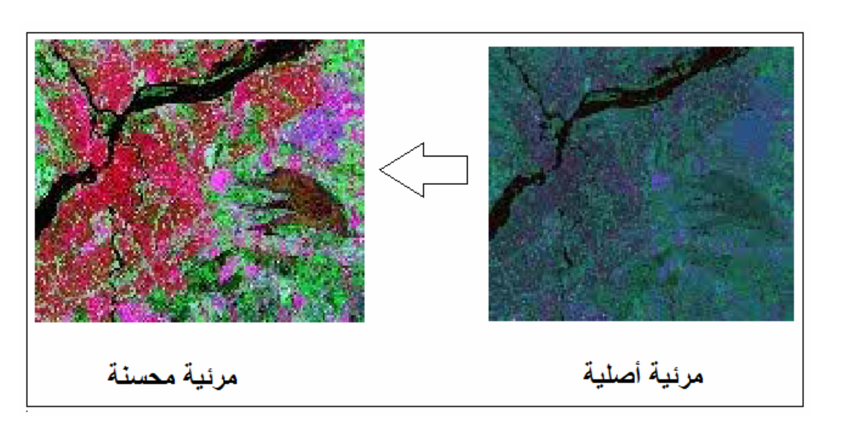
تتأثر المرئيات الفضائية ببعض المصادر التي تسبب وجود تشوهات إشعاعية بها مثل أخطاء بأحد المستشعرات أو تأثير طبقات الغلاف الجوي. ويتعامل التصحيح الراديومتري مع مصادر هذه الأخطاء للتغلب علي أية تشوهات إشعاعية قد تتواجد علي المرئيات الفضائية.

إزالة الضجيج:

في هذه الخطوة من خطوات المعالجة الأولية يقوم برنامج الحاسب الآلي بتطبيق معادلات رياضية لإزالة أية ضجيج أو تشوهات أخري قد تكون حدثت أثناء عملية الاستشعار ذاتها.

٧-٥-٢ تحليل المرئيات الفضائية

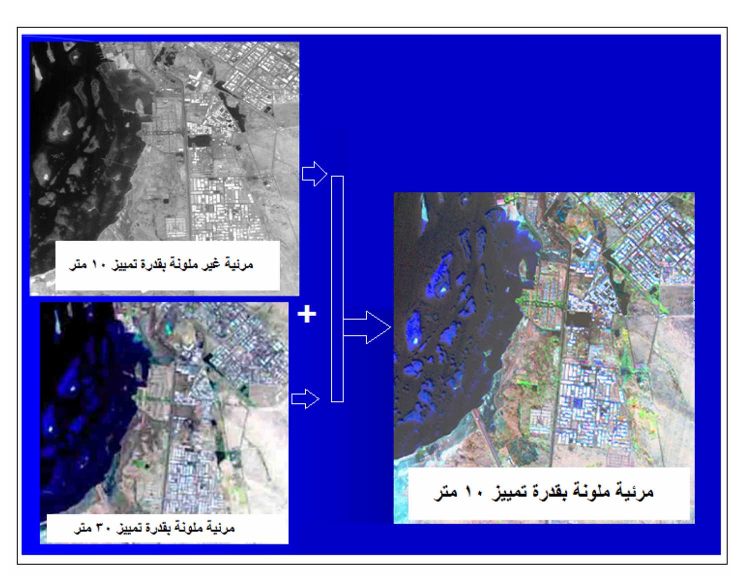
تبدأ خطوات تحليل المرئيات الفضائية بخطوة تحسين المرئية وهي خطوة تتم بواسطة برامج الحاسب الآلي و تهدف الي تحسين قابلية التفسير البصري للمرئية عن طريق تحسين تباين المرئية لزيادة قدرة التمييز البصري بين الاختلافات الضئيلة بين المعالم في التدرجات اللونية المختلفة (أو تدرجات الرمادي للمرئيات غير الملونة). ثم تأتي أيضا خطوة تحسين حواف المرئية بهدف زيادة وضوح الأهداف علي جوانبها واستخلاص معلومات دقيقة من الأطراف.



شكل (٧-١٤) تحسين المرئيات الفضائية

تعد خطوة دمج المرئيات من أهم خطوات الاستفادة القصوى من المرئيات الفضائية بصفة عامة، فدمج عدة مرئيات فضائية في مرئية واحدة كبيرة (موزايك) يسمح للمستخدم بدراسة الظاهرات المكانية في منطقة مكانية كبيرة من سطح الأرض. أيضا يستخدم دمج

المرئيات في دمج عدة مرئيات مختلفة الخصائص بهدف الحصول علي معلومات أكثر، فمثلا يمكن دمج مرئية غير ملونة (بانكروماتية أو أحادية النطاق) لها قدرة تمييز مكاني كبيرة مع مرئية من نوع آخر متعدد الأطياف لها قدرة تمييز مكانية قليلة، ومن ثم نحصل علي مرئية جديدة لها قدرة تمييز مكانية كبيرة ولها عدة نطاقات طيفية أيضا.

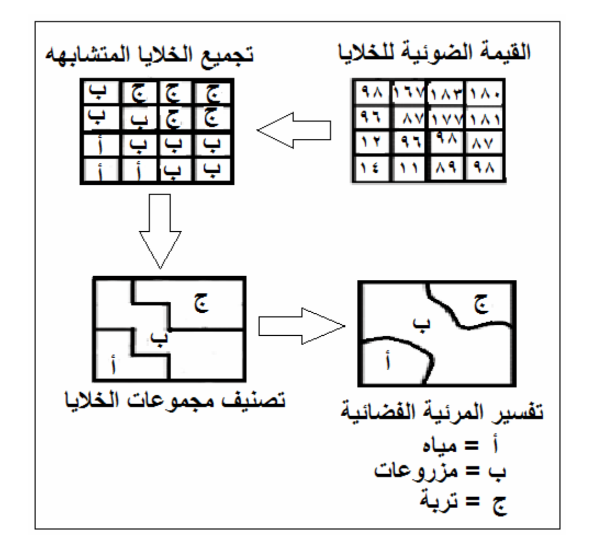


شكل (٧-١٥) دمج المرئيات الفضائية

٧-٥-٣ تصنيف المرئيات الفضائية

يتم تحليل الصور الجوية بصورة بشرية تعتمد علي الخبرة العالية و التدريب المكثف وتتطلب وقتا طويلا كما سبق الإشارة إليه في الفصل السابق، إلا أن تحليل و تفسير المرئيات الفضائية غالبا يتم بصورة حاسوبية تعتمد علي استخدام برامج متخصصة. عملية التصنيف هي عملية الغرض منها تقسيم المرئية الفضائية الي عدد من الفئات أو المجموعات بحيث تمثل كل فئة منها ظاهرة جغرافية محددة علي سطح الأرض. وتعتمد عملية التصنيف علي طبيعة المنطقة (حضرية أو صحراوية أو جبلية أو زراعية ...الخ) و الدقة المساحية و الدقة الطيفية و الدقة الراديومترية للمرئية الفضائية المستخدمة.

هناك أسلوبين لإتمام عملية تصنيف أو تفسير معالم المرئية الفضائية: (١) التصنيف أو التفسير غير المراقب أو التصنيف الآلي، (٢) التصنيف أو التفسير المراقب أو التصنيف الأكثر دقة.



شكل (٧-١٦) مفهوم تصنيف المرئيات الفضائية

التصنيف غير المراقب:

التصنيف غير المراقب أو التصنيف غير الموجه أو التصنيف الآلي هو عملية تفسير المرئية الفضائية اعتمادا علي برنامج متخصص دون تدخل من المستخدم. فكما سبق الذكر أن لكل خلية من خلايا المرئية الفضائية عدد رقمي يمثل القيمة الضوئية أو كم الإشعاع المنعكس من مساحة سطح الأرض التي تمثلها هذه الخلية، ومن ثم يقوم البرنامج بتحديد الخلايا التي لها نفس العدد الرقمي أو التي تقع في فئة أو فترة محددة (مثلا العدد الرقمي يتراوح بين ٥٥ و ٩٠) ويضم هذه الخلايا في مجموعة واحدة. توجد بعض الأنظمة القياسية العالمية الموحدة لتصنيف الفئات (مثل نظام تقسيم استعمالات الأراضي من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية) وهي نظم تحدد نوع الظاهرة الجغرافية بناءا علي فئات الأعداد الرقمية أو القيم الضوئية للخلايا. أيضا توجد بعض نظم التصنيف الوطنية أو المحلية ومنها علي سبيل المثال النظام المصري لتصنيف الأراضي الساحلية للمناطق الجافة و شبه الجافة. ومن ثم يمكن للبرنامج أن يحدد فئات تصنيف ظاهرات المرئية الفضائية اعتمادا علي أحد هذه النظم القياسية للتصنيف.

التصنيف المراقب:

في هذا الأسلوب يقوم المستخدم بمراقبة أو توجيه عملية التصنيف الآلي التي يقوم بها البرنامج عن طريق التدخل في تحديد دليل تصنيف عددي يمثل الخصائص الطيفية لكل نمط من أنماط المعالم والظاهرات الجغرافية. ويتم هذا التدخل البشري من خلال معلومات محددة لدي المستخدم من خلال دراسته للمنطقة الجغرافية و معرفة معلومات موثوقا بها عن طبيعتها

وجغرافيتها و مظاهرها وذلك من خلال خرائط أو مرئيات فضائية قديمة مصنفة فعلا. وتتم عملية التدخل البشري هذه (وتسمي مرحلة التدريب) في أجزاء من المرئية حيث يمتلك المستخدم معلومات حقيقية عن طبيعة ظاهرات أو معالم هذه الأجزاء ومن ثم يقوم بعملية تصنيف بشري لتحديد مجموعات وخصائص الظاهرات في مناطق التدريب تلك. ثم تأتي بعد ذلك مرحلة التصنيف لكامل المرئية الفضائية حيث تتم مقارنة القيمة الضوئية لكل خلية مع فئات تصنيف مرحلة التدريب، وفي المرحلة الأخيرة من مراحل التصنيف المراقب أو التصنيف الموجه يتم استخراج المنتج النهائي لعملية التصنيف مع إعداد دليل التصنيف (يشبه مفتاح الخريطة) لتحديد طبيعة الظاهرات الجغرافية الممثلة علي المرئية الفضائية مع إعداد الجداول الإحصائية لكل ظاهرة من هذه الظاهرات (مثل المساحة والعدد و النسب المئوية ...الخ).

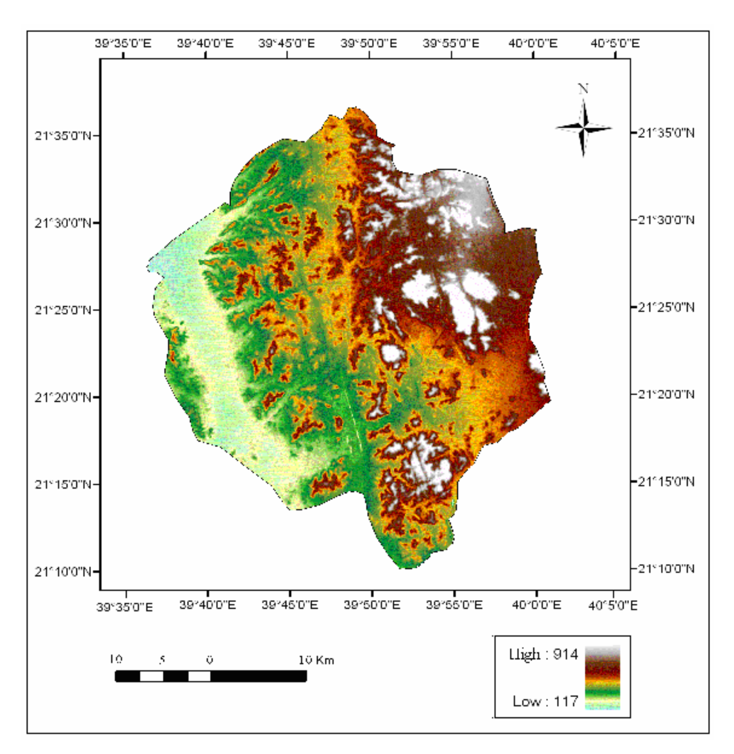
٧-٦ تقنيات أخرى

معظم الأقمار الصناعية العاملة في مجال الاستشعار عن بعد تتعامل مع صور منفردة أي بدون وجود تداخل بين كل صورتين متتاليتين، مما يجعل من عملية قياس ارتفاعات المعالم المكانية علي المرئيات غير ممكنة. إلا أن هناك بعض الأقمار الصناعية (مثل القمر الفرنسي سبوت ٥) تتيح إمكانية التحسس المتداخل للحصول علي المرئيات المزدوجة ومن ثم إمكانية قياس المناسيب و استخدامها في تطوير الخرائط الكنتورية و نماذج الارتفاعات الرقمية. وعلي الجانب الآخر فتوجد أنواع من الأقمار الصناعية المخصصة للعمل بأشعة الرادار (أي أنها أقمار فاعلة وليست سلبية) وتتيح بياناتها استنباط المناسيب و بيان اختلافات التضاريس علي سطح الأرض.

٧-٦-١ تقنيات المسح الراداري بالأقمار الصناعية

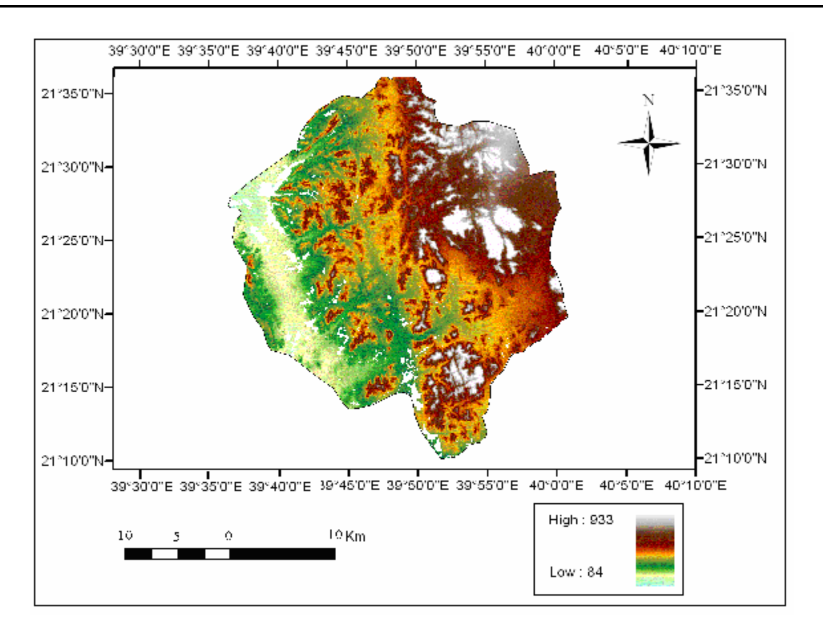
أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) في عام ١٩٩٩م (١٤١٩ هـ) بالتعاون مع اليابان تقنية قياس الانعكاس الراديومتري الحراري المحمول فضائيا أو اختصارا "أستر". يتم التحسس أو الاستشعار في هذه التقنية من خلال ١٤ نطاقا من نطاقات الطاقة الكهرومغناطيسية تتراوح ما بين نطاقات الضوء المرئي و نطاقات الأشعة تحت الحمراء الحرارية. وتتيح هذه التقنية مرئيات فضائية بتغطية مكانية ٦٠×٦٠ كيلومتر و ذات قدرة تمييز مكانية ١٥متر للاستشعار المرئي، ٣٠ للاستشعار بالأشعة تحت الحمراء القريبة، ٩٠ متر للاستشعار بالأشعة تحت الحمراء الحرارية. لكن أهم مميزات تقنية أستر أنها تتيح التصوير المزدوج (وجود تداخل بين كل صورتين متتاليتين) مما يمكن من استنباط مناسيب المعالم المكانية بهدف تطوير الخرائط

الطبوغرافية. كما أن مرئيات هذه التقنية متاحة مجانا للمستخدمين حول العالم من خلال موقع وكالة ناسا للفضاء علي شبكة الانترنت في الرابط: http://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp . كما قامت وكالة الفضاء الأمريكية ومن خلال مرئيات تقنية أستر بتطوير نموذج ارتفاعات رقمية يغطي العالم كله ويوضح تضاريس سطح الأرض بدرجة تمييز مكانية (حجم الخلية) تبلغ ٣٠ متر. وهذا النموذج متاح للتحميل مجانا للمستخدمين في الرابط: http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp .



شكل (٧-١٧) نموذج لتضاريس مدينة مكة المكرمة بناءا علي تقنية أستر

أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) في فبراير ٢٠٠٠م (شوال ١٤٢٠ هـ) مكوك الفضاء التابع لها وعلي متنه جهاز رادار خاص لقياس مناسيب سطح الأرض لمعظم أجزاء اليابسة (من دائرة عرض ٥٦ جنوبا الي دائرة عرض ٦٠ شمالا) وأطلق علي هذه المهمة اسم مهمة الرادار الطبوغرافي بمكوك الفضاء أو اختصارا "أس أر تي أم". ومن خلال قياسات هذه المهم التي استغرقت ١١ يوم أمكن بتطوير نموذج ارتفاعات رقمية يغطي العالم كله ويوضح تضاريس سطح الأرض بدرجة تمييز مكانية (حجم الخلية) تبلغ ٣٠، ٩٠، ٩٠٠ متر. وهذا النموذج متاح للتحميل مجانا للمستخدمين (لحجم الخلية ٩٠ و ٩٠٠ متر فقط) في الرابط: http://www2.jpl.nasa.gov/strm/

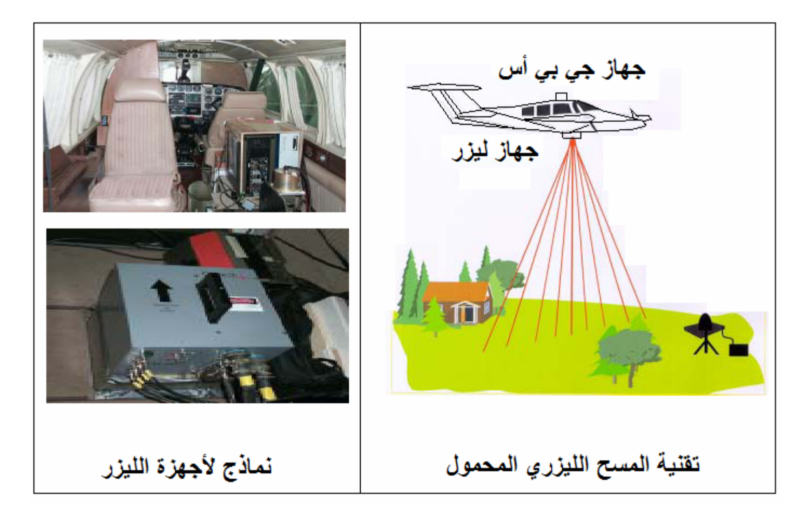


شكل (٧-١٨) نموذج لتضاريس مدينة مكة المكرمة بناءا علي تقنية أسٍ أر تي أم

تبلغ دقة نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية عدة أمتار (مثلا ± ٦ متر لنموذج أس أر تي أم و ± ٩ متر لنموذج أستر) مما يدل علي أنها غير مناسبة للتطبيقات الهندسية أو الحضرية أو إنتاج الخرائط الطبوغرافية ذات مقاييس الرسم الكبيرة. لكن وعلي الجانب الآخر فأن وجود هذه النماذج العالمية متاحة مجانا تجعلها مناسبة - من وجهة النظر الاقتصادية - لكثير من المستخدمين خاصة في التطبيقات الإقليمية والبيئية و الخرائط الطبوغرافية ذات مقاييس الرسم المتوسطة و الصغيرة.

٧-٦-٢ تقنيات المسح الليزرى بالطائرات

في العقدين الأخيرين تم تطوير تقنية جديدة أطلق عليها اسم نظم التحسس و القياس الضوئي المحمولة أو اختصارا اسم ليدار. تعتمد هذه التقنية علي وضع جهاز ليزر علي متن طائرة حيث يقوم بإطلاق أشعة الليزر واستقبالها و تسجيلها بعد انعكاسها من سطح الأرض، ومن هذه القياسات يمكن حساب مناسيب المعالم المكانية. وبوجود جهاز قياس الإحداثيات بالرصد علي الأقمار الصناعية (جي بي أس) علي متن الطائرة فيمكن قياس الإحداثيات الجغرافية الأفقية (خط الطول و دائرة العرض) لكل لحظة من لحظات إطلاق أشعة الرادار، وبالتالي فتتوافر الإحداثيات الجغرافية الثلاثية (خط الطول ودائرة العرض و المنسوب) لجميع النقاط المرصودة طوال مسار الطائرة. ويوجد نوعين رئيسين من نظم الليدار أحدهما مخصص للمسح الراداري لليابسة بينما الثاني مخصص للمسح الراداري لأعماق البحار.



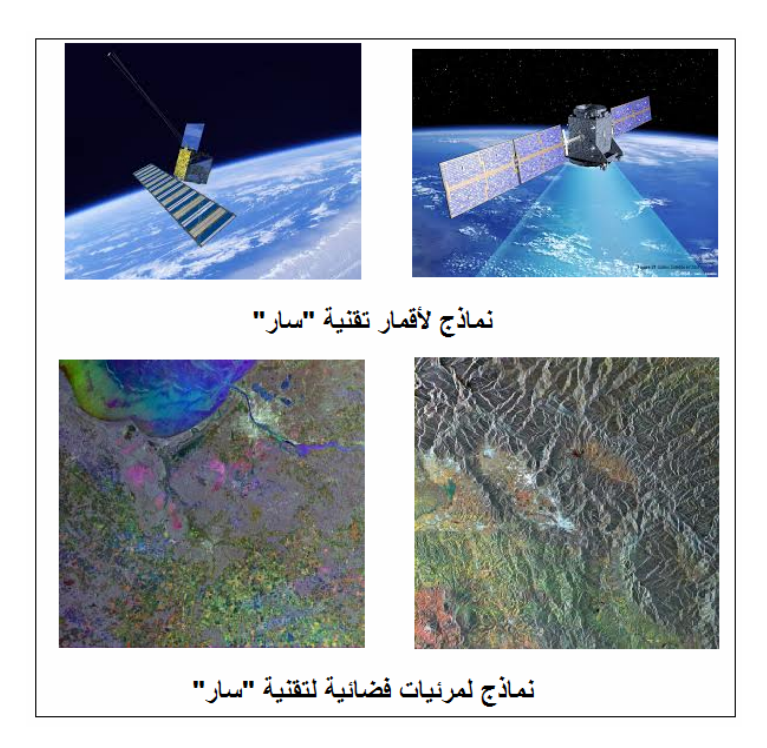
شكل (٧-١٩) تقنية المسح الليزري المحمول جوا

مع أن تقنية المسح الليزري المحمول جوا بدأت حكومية في المقام الأول في التسعينات من القرن العشرين الميلادي، إلا أن انتشار تطبيقاتها و استخداماتها في المسح الطبوغرافي جعلها تتحول أيضا الي تقنية تجارية في السنوات الأخيرة. وتتفوق تقنية الليدار علي تقنيات التصوير الجوي في أنها تقنية شبه آلية لا تحتاج لتدخل المستخدم كثيرا في عمليات جمع البيانات وتطوير الخرائط الكنتورية، كما أن دقة المسح الليزري تصل الي حدود عشرة سنتيمترات أو أقل، كما يستطيع جهاز الليزر قياس مناسيب عدة نقاط (تصل الي ١٢ نقطة) في المتر المربع الواحد مما يزيد من كثافة النقاط ودقة رسم التفاصيل الطبوغرافية، بالإضافة الي أن التكلفة الاقتصادية لهذه التقنية أقل كثيرا من تكلفة التصوير الجوي.

٧-٦-٣ الاستشعار الراداري الفاعل بالأقمار الصناعية

توجد عدة نظم لتطبيقات الاستشعار الفاعل حيث يقوم القمر الصناعي بإطلاق أشعة الرادار وتسجيلها بعد انعكاسها مرة أخري من سطح الأرض. ومن هذه النظم - علي سبيل المثال - تقنية المنفذ الراداري الصناعي أو اختصارا "سار"، حيث يتم وضع جهاز الرادار علي متن القمر الصناعي (وأحيانا علي متن طائرة). تعتمد هذه التقنية علي استقبال الأشعة المنعكسة من سطح الأرض من خلال طبق استقبال "أنتنا" مثبتة علي سطح القمر الصناعي، أي أن عدة مناطق من هذا الطبق تستقبل الأشعة المنعكسة مما يعني وجود أكثر من صورة للمعلم الأرضي ومن ثم إمكانية تحديد طبيعة هذا المعلم بقدرة تمييزية كبيرة. كما تتميز هذه التقنية بأن أشعة الرادار لا تتأثر بالغيوم و السحب الموجودة في طبقات الغلاف الجوي مما يجعل مرئياتها مناسبة لتطبيقات الزراعة و الجيولوجيا والهيدرولوجيا. ومن أمثلة الأقمار الصناعية التي تطبق

تقنيـة "سـار" القمـر الـصناعي الأوروبـي أي أر أس ٢ و القمـر الـصناعي الكنـدي رادارسـات-٢ والقمر الصناعي الايطالي تيراسار اكس والقمر الصناعي الياباني ألوس.



شكل (٧-٢٠) تقنية المنفذ الراداري الصناعي "سار"

المراجع

المراجع العربية

أبو راضي، فتحي عبد العزيز (٢٠٠٣) الاستشعار عن بعد: أسس و تطبيقات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

آل سعود، مشاعل بنت محمد (١٤٢٣ هـ) تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد و الأساليب الجيوديسية المتقدمة في دراسة مورفومترية الوديان الجافة،رسائل جغرافية، العدد ٢٦٥، الجمعية الجغرافية الكويتية.

الحمامي، عاهد ذنون و العزاوي، علي عبد (٢٠٠٧) استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في تقدير المساحة و كثافة مشاجر الغابات الاصطناعية في مدينة الموصل، مجلة التربية و العلم، جامعة الموصل، العراق، المجلد ١٤، العدد ٣، ص. ١-٧.

الحربي، خالد مسلم (١٤٢٦ هـ) اكتشاف و مراقبة عمليات التصحر غربي منطقة تبوك باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد و البيانات المساندة، مجلة دراسات الخليج و الجزيرة العربية، العدد ١١٩، جامعة الكويت.

الشافعي، شريف فتحي (٢٠٠٤) المساحة التصويرية، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

شكري ، علي سالم و عبد الرحيم ، محمود حسني و مصطفي ، محمد رشاد الدين (١٩٨٩) المساحة التصويرية و القياس الالكتروني و نظرية الأخطاء ، منشأه المعارف ، الإسكندرية.

الشمري، صالح عبد المحسن (٢٠٠٤) دور الاستشعار عن بعد في تحديث الخرائط الطبوغرافية العسكرية، مجلة الحرس الوطني، العدد ٢٧١، الرياض.

الصقير، عبد العزيز و الماجد، محمد و السالم، محمد (١٤٢٨ هـ) الأقمار الصناعية السعودية، مجلة العلوم و التقنية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية، السنة ١١، العدد ٨١، ص ٣٦-٤١.

صيام، يوسف مصطفي (٢٠٠٦) مبادئ في التقنيات المساحية الحديثة: المساحة التصويرية و الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، المصنع الحديث للطباعة، عمان.

الطحلاوي، محمد رجائي (١٩٨٤) الجيولوجيا التصويرية، مكتبة الفلاح، الكويت.

عبد الحميد، عاطف معتمد (٢٠٠٨) الاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد في دراسة الأراضي الرطبة بمنطقة الإحساء شرق السعودية، رسائل جغرافية، العدد ٣٣٦، جامعة الكويت.

العمري، محمد عوض (١٤٢٨ هـ) تفسير و تقييم بيانات القمر الصناعي عالي الوضوح لإنتاج الخرائط كبيرة المقياس: دراسة تطبيقية، رسائل جغرافية، العدد ٣٢٩، الجمعية الجغرافية الكويتية.

الغامدي ، سعد أبو راس (٢٠٠٨-١) التصوير الجوي: أسس و تطبيقات ، مكتبة الرشد ، مكة المكرمة.

فريدة، اسماعيل (١٩٨٢) الصور الجوية: تفسيرها و تطبيقاتها، مكتبة الفلاح، الكويت.

محمد، أحمد غلاب (٢٠٠٧) الاستشعار عن بعد، مجموعة محاضرات:

http://www.megwrm.aun.edu.eg/sub/workshop2/remote1.pdf

محمد، وسام الدين (٢٠٠٨) الاستشعار عن بعد، مجموعة محاضرات:

http://www.arabgeographers.net/vb/showthread.php?t=4560

مصطفي ، محمد رشاد الدين ، المساحة الجوية التصويرية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/Geodesy%20and%20GPS/Prof%5E_Rashad%20Photogrammetry%5E_Ar.pdf

معوض ، معوض بدوي (٢٠٠٩م) مبادئ الاستشعار عن بعد و تدريباته العملية ، المنار للطباعة و النشر ، القاهرة.

عبد الوهاب، سامح (٢٠١١) الصور الجوية و الاستشعار عن بعد، مجموعة محاضرات:

http://www.4geography.com/vb/showthread.php?t=9151

المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني (١٤٢٥ هـ) مجموعة من المقررات الدراسية للكليات التقنية، الرياض.

الهيتي، عماد عبد الرحمن و الوحيشي، عبد السلام احمد (٢٠٠٤) الاستشعار عن بعد: المبادئ و التطبيقات، منشورات جامعة ناصر الأممية، بنغازي.

المراجع الأجنبية

Aboelkhair, H. and Watanabe, Y. (2011) Using remotely sensed multi-spectral ASTER data for mapping extensive basalt flow around Al Madinah area, Saudi Arabia, Proceedings of the geomatics technologies in the city conference, Jeddah, Saudi Arabia, May 10-11

ACE (US Army Corps of Engineers) (2002) Photogrammetric mapping, Engineering Manual No. 1110-1-1000, Washington D.C, USA, http://www.usace.army.mil/publications/ , accessed 2013.

Ali, A. (2010) Remote sensing, Lecture notes, Applied science department, University of Technology, Iraq, http://www.uotechnology.edu.iq/appsciences/Laser/Lacture_laser/thrid_class/Remote_Sensing/3-Remote_Sensing.pdf, accessed August 2013.

Al shaikh, A. (2013) A combined Use of Remote Sensing and GIS to Detect Environmental Degradation in the Jeddah coastal zone, Saudi Arabia, Life Science Journal, Volume 10, No. 2, pp. 472-478, http://www.lifesciencesite.com/lsj/life1002/070_17628life1002_472_478.pdf

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) (2013) http://asterweb.jpl.nasa.gov/index.asp, accessed August 2013.

Beeri, O. and Pele, A. (2009) Geographical model for precise agriculture monitoring with real-time remote sensing, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, No. 64, pp. 47-54.

El Gammal, E., (2010) Assessment Lake Nasser Egypt within the climatic change, Journal of American Science, Volume 6, No. 7, pp. 305-312.

El Manadili, Y. (2007) Production of 1 : 5000 digital city maps from high resolution satellite images: A case study for Merssa Matrouh city, Egypt, Civil engineering research magazine, Al-Azhar university, Volume 29, No. 1, pp. 57- 68.

ERA (Era-Maptic Limited Co.) (2013) Remote sensing satellite images price list, http://www.era.ie/Price_List.pdf , Dublin, Ireland, accessed August 2013.

Dawod, G., Mirza, M., Al-Ghamdi, K., and Elzahrany, R. (2013) Projected impacts of land use and road network changes on increasing flood hazards using a 4D GIS: A case study in Makkah metropolitan area, Saudi Arabia, Arabian Journal of Geosciences, DOI 10.1007/s12517-013-0876-7. http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12517-013-0876-7

Gunter's space page (2013) Satellites of Kingdom of Saudi Arabia, http://space.skyrocket.de/directories/sat_c_saudiarabia.htm, accessed August 2013.

Hamimed, A., Khaldi, A., Souidi, Z., and Benslimanem M. (2011) Obtaining surface evapo-transpiration and moisture indicators with remotely sensed data to improve agricultural water management, Proceedings of the geomatics technologies in the city conference, Jeddah, Saudi Arabia, May 10-11.

Hermas, E., Abou Elmagd, H., and Al-Harbi, K., (2011) Measurement of sand dune movements using the sub-pixel correlation of aster images: A preliminary results from north

Sinai, Egypt, Proceedings of the geomatics technologies in the city conference, Jeddah, Saudi Arabia, May 10-11.

Jedlovec, G. (2009) Advances in geo-sciences and remote sensing, In-Tech publishing, Croatia, 742 pp.

Kaiser, M. (2009) Environmental changes, remote sensing, and infrastructure development: The case of Egypt’s East Port Said harbor, Applied Geography 29, pp. 280–288

Lusch, D. (1999) Introduction to remote sensing, Center for remote sensing and GIS, Michigan State University, USA, 247 pp.

Pan, G., Sun, G., and Li, F. (2009) Using QuickBird imagery and a production efficiency model to improve crop yield estimation in the semi-arid hilly Loess Plateau, China, Environmental Modeling & Software, No. 24, pp. 510–516.

Mirza, M., Dawod, G., and Al-Ghamdi, K. (2011) Accuracy and relevance of digital elevation models for geomatics applications - A case study of Makkah municipality, Saudi Arabia, International Journal of Geomatics and Geosciences, V. 1, No. 4, pp. 803-812.. http://ipublishing.co.in/jggsvol1no12010/EIJGGS2040.pdf

Nelson, J. (2013) Photogrammetry, Course AG 1322, Urban planning and environment department, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, http://www.infra.kth.se/courses/AG1322/ , accessed August 2013.

NRC (Natural Resources Canada) Fundamentals of remote sensing, A tutorial available at: http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca.earth-sciences/files/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf, 258 pp, accessed August 2013.

Ramzi, A., Gorgiev, N., and Nedkov, R. (2008) Assessment of large scale maps from QuickBird images for Kafr Az-Zayyat region, Egypt, Proceedings of the Asian Association of Remote Sensing, http://www.aars-acrs.org/acrs/proceeding/ACRS2008/Papers/TS%2023.2.pdf, accessed August 2013.

SIC (Satellite Imaging Corporation) (2013) Characteristics of satellite remote sensing systems, http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors.html, accessed August 2013.

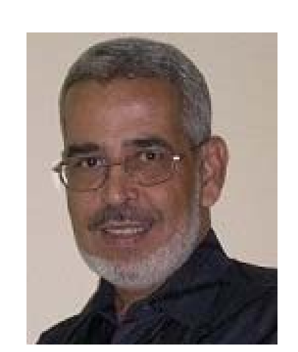
Sapic, T. (2013) Photogrammetry and remote sensing, Course 2270, Faculty of natural resources management, Lakehead university, Canada, http://flash.lakeheadu.ca/~forspatial/, accessed August 2013.

Shaker, A., Yan, W., Wong, M., El-Ashmay, N., and Alhaddad, B. (2008) Flood hazard assessment using panchromatic satellite imagery, Proceedings of the ISPRS 2008 Conference, Beijing, China, 3-11 July, http://www.isprs2008-beijing.org/, accessed August 2008.

Watts, J., Powell, S., Lawrence, R. and Hilker, T. (2011) Improved classification of conservation tillage adoption using high temporal and synthetic satellite imagery, Remote Sensing of Environment, No. 115, pp. 66–75.

Wolter, P. (2012) Natural resource photogrammetry and geographic information systems, Course NREM 345, College of natural resources ecology management, Iowa state university, USA, http://www.nrem.iastate.edu/class/nrem345.htm, accessed August 2013.

نبذة عن المؤلف



الدكتور جمعة محمد داود من مواليد السويس بجمهورية مصر العربية في عام ١٩٦٢م (الموافق ١٣٨١ هـ). حصل علي درجة البكالوريوس في الهندسة المساحية في عام ١٩٨٥م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر ، ودرجة الماجستير من قسم العلوم الجيوديسية والمساحة من جامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩١م، ودرجة الدكتوراه في عام ١٩٩٨م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر.

يعمل د. جمعة داود منذ عام ١٩٨٧م بمعهد بحوث المساحة بوزارة الموارد المائية والري بمصر، ويعمل أيضا منذ عام ٢٠٠٥م بجامعة أم القرى بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية. حصل د. جمعة داود علي درجة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م وكذلك درجة الأستاذية في الهندسة المساحية في عام ٢٠٠٩م.

فاز د. جمعة داود بجائزة أفضل بحث في المساحة في مصر في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠٠٦، ٢٠٠٧، ٢٠٠٩م كما تم اختياره في الموسوعة الدولية للعلوم والهندسة Who is Who للفترة ٢٠١١-٢٠١٢م.

نشر د. جمعة داود حتى الآن تسعة وأربعين بحثا في الهندسة المساحية والبيئية و نظم المعلومات الجغرافية منهم أثنتا عشر ورقة علمية في مجلات عالمية و مؤتمرات دولية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و انجلترا و ايطاليا و استراليا بالإضافة للنشر في مجلات و مؤتمرات في كلا من المملكة العربية السعودية و مملكة البحرين والمملكة المغربية و جمهورية مصر العربية.

د. جمعة داود متزوج من د. هدي فيصل الباحثة بمعهد بحوث المساحة وله ثلاثة أبناء مصطفي و محمد و سلمي.

حج د. جمعة داود بيت الله الحرام أربعة مرات وأعتمر عدة مرات.